

# Studier över manuell hantering av rundvirke

*A study on the manual handling of round timber*

av

ULF SUNDBERG

MEDDELANDEN FRÅN  
STATENS SKOGSFORSKNINGSINSTITUT  
BAND 49 • NR 2



## Förord

Föreliggande rapport behandlar en serie standardiserade försök över manuella hanteringsarbeten av rundvirke. De syfta till att öka kännedomen om, hur virkets grovlek och längd och den därav bestämda styckevikten påverkar såväl tidsåtgången som energiförbrukningen i några av de i skogsdriften vanligast förekommande hanteringsoperationerna. Härigenom kan vägledning lämnas över de praktiska konsekvenserna av olika apteringsalternativ med avseende på längd och minimigrovlek. Resultaten bör även kunna bidra till en klarare tolkning av resultaten av sedvanliga tidsstudier av praktiskt arbete av liknande typ.

I dessa studier, som pågått under åren 1955—57 har, förutom personal från skogsforskningsinstitutets arbetsläreavdelning, medverkan erhållits från flera håll. Industrifysiologiska avdelningen vid Fysiologiska institutionen, GCI, har deltagit i samtliga fältförsök och härvid svarat för de fysiologiska mätningarna. Bearbetningen av resultaten och sammanställningen av denna rapport har även skett i intimt samarbete med den Industrifysiologiska avdelningen och dess personal, i första hand med dr NILS P. V. LUNDGREN samt hans medhjälpare ingenjör ASTRID LINDHOLM och fru SHIRLEY EINARSSON. Värdefull hjälp har även lämnats av professor E. HOHWÜ CHRISTENSEN vid Fysiologiska institutionen, GCI, och hans medhjälpare. Docent RUNE ERIKSSON, Skogshögskolan, har genomfört och bearbetat de rörelsestudier som behandlas i kapitel V.

Försöken har krävt omfattande förberedelser i fältet. Särskilt behövdes vid Edsbroförsöken stora kvantiteter virke, iordningställt på visst sätt. Härmed liksom vid Edsbroförsökens genomförande i övrigt har *Holmens Bruks och Fabriks AB* medverkat och påtagit sig avsevärda kostnader. Den hjälp, som lämnats av skogsavdelningens dåvarande ledning, skogschefen ÅKE NORLÉN och jägmästare GUNNAR DE VERDIER, samt förvaltaren, jägmästare S. E. THUNSTRÖM och bevakningens skogvaktare G. PERSSON har särskilt uppskattats.

Vidare har vid studierna i Vinliden medverkan erhållits av *Mo och Domsjö AB* samt av *Forskningsstiftelsen SDA*. Vid Kvitsleförsöken har hjälp och ekonomiskt bidrag lämnats av *Ljungans Flottningsförening*.

Framförallt har det varit av värde, att de försökspersoner, som medverkat i försöken, haft positiv inställning. Särskilt förtjäna här de båda försökspersonerna i Edsbroförsöken, MARTIN KARLSSON och GUNNAR NILSSON, att nämnas.

Till alla ovan nämnda samt övriga medhjälpare uttalas härmed ett varmt tack.

Stockholm i november 1959

Ulf Sundberg

# INNEHÅLLSFÖRTECKNING

	Sid.
Förord.....	3
Inledning.....	6
Kap. I. Huvudförsöken över manuell hantering av virke under standardiserade förhållanden.....	9
A. Försökspersoner.....	9
B. Metodik.....	10
1. Tidsstudier.....	10
2. Fysiologiska studier.....	11
a) Syreupptagning under arbete.....	11
b) Blodets mjölksyrehalt.....	12
c) Prov över den fysiska arbetskapaciteten.....	12
C. Uppgifter rörande i försöken använt virke.....	12
D. Kontrollförsök över använda metoder.....	13
1. Mätningar av arbetshastigheten vid arbete med och utan samtidig bestämning av syreupptagningen.....	13
2. Bestämning av syreskuldens storlek vid tyngre arbete.....	15
E. Hopdragning av virke under standardiserade förhållanden.....	17
1. Undersökning av syreförbrukning vid gång utan börda.....	17
2. Orienterande försök över dragning av virke.....	18
3. Dragningsförsök i skogsmark.....	20
4. Dragningsförsök med successivt uppkapat virke.....	23
5. Syreupptagningsintensitet vid dragning av virke med olika bitvikter.....	37
6. Jämförelse med andra undersökningar.....	39
7. Kontrollerande tidsstudier över dragningsarbete.....	41
8. Mätningar av erforderlig förflyttningskraft vid dragning av virke.....	43
F. Travning av virke under standardiserade förhållanden.....	48
1. Travning av virke från marken till olika höjd.....	49
2. Travning från bekväm höjd.....	50
3. Några iakttagelser beträffande användning av handverktyg vid travningsarbete.....	51
4. Inverkan av arbetstidens längd.....	52
5. Försök med variation av arbetsintensiteten.....	55
6. Syreförbrukningen travning av virke med olika bitvikter.....	57
G. Ströläggning under standardiserade förhållanden.....	59
1. Beskrivning av försöken.....	59
2. Resultat.....	61
3. Diskussion av resultaten.....	61

	Sid.
H. Rullning (vältning) av virke under standardiserade förhållanden . .	64
I. Sortering under standardiserade förhållanden av virke i vatten. . . .	67
1. Undersökningens ändamål . . . . .	67
2. Försöksmetodik . . . . .	68
3. Resultat . . . . .	69
4. Arbetstyngden för olika arbeten i Kvitsle skilje . . . . .	71
5. En jämförelse mellan hakar av olika tyngd . . . . .	77
Kap. II. Kalkyler över tidsåtgång och syreförbrukning vid hantering av virke apterat i olika längder . . . . .	78
A. Kalkyler på enskilda träd . . . . .	78
1. Kalkylernas utförande . . . . .	78
2. Kalkylresultat . . . . .	80
B. Kalkyler över hopdragning till olika punkter av virkesbitar ur ett och samma träd . . . . .	83
C. Kalkyler över hanteringsarbetet med virke från hela stämplings- poster . . . . .	85
1. Kalkylernas utförande . . . . .	85
2. Kalkylresultat . . . . .	86
3. Beräkning av differenskostnaden för den merkvantitet virke som erhålles genom aptering i kortare virkeslängd . . . . .	92
Kap. III. Försök med mätning av de momentana påkänningarna i rygg och leder . . . . .	94
Kap. IV. Sammanfattning och diskussion . . . . .	95
A. Beskrivningar . . . . .	95
B. Resultat av dragningsförsöken . . . . .	97
C. Resultat av travningsförsöken . . . . .	98
D. Resultat av strölägningsförsöken . . . . .	100
E. Resultat av rullningsförsöken . . . . .	101
F. Resultat av försök med sortering av virke i vatten . . . . .	101
G. Sammanfattning av de standardiserade modellförsöken . . . . .	102
H. Kalkyler över tidsåtgång och energiförbrukning vid hanteringsar- beten med virke ur enskilda träd och virkesposter . . . . .	103
I. Försök med mätning av de momentana påkänningarna i rygg och leder . . . . .	103
Anförd litteratur . . . . .	104
English summary . . . . .	105
Tabeller . . . . .	115

## *Inledning*

Den manuella hanteringen av virket svarar i många länder för en mycket betydande del av arbetskostnaderna för dess leverans till förädling. Endast i skogsregioner med mycket grova virkesdimensioner, höga arbetslöner eller mycket utpräglad brist på arbetskraft — exempelvis den nordamerikanska pacifikkusten och det nordryska barrskogsområdet — har det varit lämpligt att helt mekanisera detta arbete. I de flesta andra fall hanteras virket manuellt, ofta ett flertal gånger innan det slutgiltigt används eller förädlas. Detta gäller exempelvis såväl de nordiska ländernas skogsbruk som övriga Europas.

Man vet genom undersökningar i skilda länder att arbetsåtgången och kostnaden för sådan manuell hantering röner starkt inflytande av virkets dimension, såväl dess grovlek som dess längd. För att emellertid trädstammarna skall kunna hanteras med de begränsade krafter, mänsklig arbetskraft har till förfogande, måste de kapas upp. När det gäller sågtimmer finns en minimilängd, under vilken man av tekniska skäl inte kan gå, men för massaved och brännved är valmöjligheterna rikare. Dessa senare sortiment hugges också i en mängd olika längder i olika länder och även inom skilda regioner inom ett och samma land. Valet av längd avgör givetvis styckevikten av de enskilda virkesbitarna och inverkar härigenom på hanteringsarbetet.

Som tidigare nämndes har i många fältundersökningar belysts, hur valet av virkeslängd påverkar arbetstidsåtgången för huggning och hantering. Man har även klarlagt, att manuell hantering, exempelvis bärring, dragning och lastning, utgör ett av de allra tyngsta arbetsmomenten. I dessa fältundersökningar har emellertid det renodlade inflytandet av virkesdimensionerna på hanteringsarbetet av flera olika skäl ej kommit till uttryck. Fältförsök gå av praktiska skäl ej att arrangera så, att ett sådant inflytande av virkesdimensionen kommer fram. Det är vidare oklart om och i vilken utsträckning arbetarnas fysiska ansträngning röner inflytande av virkeslängd och grovlek.

Skogsarbetets mekanisering är inriktad på att i största möjliga utsträckning ersätta den manuella arbetskraften genom hanteringen med maskiner. Man måste emellertid räkna med att en fullständig mekanisering knappast blir möjlig att genomföra — vissa manuella moment kommer sannolikt alltid att finnas kvar. Det har därför ansetts av betydande intresse, att anordna försök, i vilka inflytandet av virkesdimensionerna på det manuella hanteringsarbetet närmare belyses. Härvid har icke endast tidsåtgången utan även — där så varit möjligt — arbetarens energiförbrukning mätts. Standardiserade försök ha sålunda utförts, i vilka arbetare i fältet under mera »laboratoriemäs-

signa» förhållanden med virkespartier av skiftande dimensioner fått utföra olika manuella hanteringsoperationer, som så nära som möjligt efterlikna de i praktiskt arbete förekommande. De studier, som här skall redovisas, omfattar, dels en omfattande serie försök utförda vid Edsbro ca 7 mil norr om Stockholm i april—maj 1955, dels kompletterande försök utförda vid Vinliden i Lyckseletrakten i januari—februari 1956 samt i Kvitsle skiljeställe i Ljungan i september 1956.

Vid Edsbro-försöken studerades följande manuella hanteringsoperationer:

*Arbetsoperation*

Dragning av virke  
Travning av virke till olika höjd  
Ströläggning av virke samt  
Rullning av virke (vältning)

*Antal man*

Enmansarbete  
»  
Enmans- och tvåmansarbete  
»

Virket var dimensionssorterat och varje arbetsoperation utfördes — med vissa undantag — med vart och ett av de i tabell 1 angivna virkespartierna.

**Tabell 1. Förteckning över de vid Edsbroförsöken använda, dimensionssorterade virkespartierna.**

List of the logs used in the experiments at Edsbro.

Virkets dimension, tum i topp Diameter, inches at the top end	Virkets längd, m Length of logs, metres				
	1	2	3	5	7
1—2" .....	×	×	×	×	×
2—4" .....	×	×	×	×	×
4—8" .....	×	×	×	×	×
8—12" .....	×	×	×	×	×

Genom denna längd- och grovleksuppdelning erhöles sålunda virkespartier, inom vilka de enskilda bitarnas volym och vikt var ungefär densamma. Mellan partierna var skillnaden i bitvikt dock stor. Det klenaste virket av 1 m längd hade en bitvikt av 0,5—2 kg medan det grövsta virket i 7 m längd hade bitvikter på ca 250 kg. Alla mellanliggande bitvikter voro sålunda representerade.

Vid Vinliden-försöken studerades dragning av virke i djup snö samt pålastning av virke vid häst- och traktorlunning.

Vid Kvitsle-försöken studerades manuell hantering av i vatten flytande virke av olika dimensioner.

Syftet med de här redovisade försöken har varit att belysa hur tids- och energigtången varierar med olika apteringsalternativ ifråga om virkeslängden.

De vanligaste manuella arbetsmoment, som förekomma i praktiken, ha därför studerats i standardiserade försök. Försöken äro så upplagda, att de skall möjliggöra kalkyler över tids- och energiåtgång vid varje apteringsalternativ med virkeslängder mellan en och sju meter. I kapitel II redovisas några exempel på sådana kalkyler, där träd av normal beskaffenhet apterats i olika längder, varefter på basis av undersökningarna jämförande kalkyler över tids- och energiåtgång utförts vid olika apteringsalternativ. Resultaten sammanfattas i kapitel IV samt bli där även föremål för diskussion.

Denna rapport ingår som första led i en serie undersökningar, som avser att belysa virkesdimensionens inflytande på skogsarbetet ur såväl tidssynpunkt som ur energetisk synpunkt. Planen är, att sedan det renodlade inflytandet av virkesdimensionen vid arbete under standardiserade förhållanden klarlagts, fortsätta undersökningarna i praktiskt arbete, varvid en uppfattning bör erhållas hur dimensionsinflytandet modifieras av olika miljöfaktorer, arbetsmetoder, maskiner och redskap. Sådana fortsatta undersökningar ha redan kommit till stånd och vissa resultat ha redan publicerats.

Sålunda kan omnämnas att försök ha utförts över bl. a. virkesdimensionens inflytande på produktionen vid barkning med Cambio transportabla barkningsmaskin, varvid arbetarnas fysiologiska belastning även varit föremål för ingående studier. Denna undersökning är redovisad i en nyligen utkommen rapport (LUNDGREN och SUNDBERG, 1958).

Vidare har hanteringsarbetet vid hästkörning varit föremål för fysiologiska studier under praktiska arbetsförhållanden, tidigare av LUNDGREN, LUTHMAN och NYLIN (opublicerad rapport 1951) och nu senast av AGER (1958). Det kan vidare omnämnas, att undersökningar över huggningsarbete f. n. utföras i samarbete med Forskningsstiftelsen SDA, som bl. a. avse att belysa dimensionsinflytandet vid huggning och hopdragning under olika betingelser.



## Kap. 1. Huvudförsöken över manuell hantering av virke under standardiserade förhållanden



Fig. 1. Försökspersonerna GN (t.h.) och MK (t. v.).  
Subject GN (right) and MK (left).

### A. Försökspersoner

Studierna i Edsbro utfördes på två vana skogsarbetare (M. K. och G. N., fig. 1) i åldern 35 och 39 år. Försöken spreds ut över hela dagen (kl 08.00—16.30) och mellan varje arbetsperiod inlades nödiga pauser för undvikande av ev. trötthetseffekter på resultaten. Inga mätningar utfördes under den närmaste timmen efter måltider. Förutom de båda nämnda försökspersonerna studerades ytterligare några skogsarbetare enbart med arbetsprov på cykelergometer, avseende att ge en uppfattning om den maximala förmågan till syreupptagning bland folk sysselsatta med de här studerade typerna av praktiskt arbete. Samtliga försökspersoners ålder, kroppslängd och kroppsvikt framgår av tabell 2.

**Tabell 2. Uppgifter om försökspersonerna samt resultat av test på cykelergometer.**  
Data on subjects and results of tests on bicycle ergometer.

Namn och plats Name and place	Ålder år Age years	Längd cm Length cm	Vikt kg Weight kg	Pulsslag per minut vid prov på cykelergometer vid en arbetsbelast- ning av ..... kpm/min. Pulse rate on bicycle ergometer at work loads of ..... kpm/min.				
				600	900	1200	1500	1800
M.K. Edsbro	36	187	83,0	94	110	130	162	180
G.N. Edsbro	39	168	70,0	112	124	152	164	168
E.J. Vinliden	50	172	71,0	118	142	—	—	—
B.B. Kvitsle	45	174	89,0	129	145	—	—	—

## B. Metodik

Undersökningen utgjorde en kombination av tidsstudier, fysiologiska mätningar och fotografiskt-mekaniska rörelsestudier. Tidsstudierna genomfördes vid samtliga studerade arbeten under standardiserade betingelser och i vissa fall även under direkt praktiskt förekommande förhållanden. De fysiologiska mätningarna gjordes huvudsakligen under strängt standardiserade betingelser. Rörelsestudierna, slutligen, gjordes stickprovvis vid vissa arbeten. Ifråga om de olika metoderna kan följande nämnas:

### 1. Tidsstudier

Vid samtliga försök gjordes noggranna tidsstudier. Totaltiden vid de arbetsfysiologiska försöken togs på ett särskilt stoppur med avläsning på 1/1000 minut, medan deltiderna för olika arbetsmoment inom ett försök registrerades med en snap-back-klocka på sedvanligt sätt, varvid deltiderna för olika arbetsmoment avlästes på 1/100 minut. Alla försök, där skillnaden mellan totaltiden och summa deltider översteg  $\pm 2\%$ , ha slopats.

Samtliga försök som här redovisas är — med undantag för strölägningsförsöken — av relativt kort längd, i regel under 10 minuters arbete. Själva arbetet är vidare ett standardiserat arbete, som i förväg noggrant förberetts och iordningställt. I de arbetsfysiologiska försöken förekommer inga spilltider — där spilltider förekommit, har försöket gjorts om. Endast i de försök, som tidsstuderats utan fysiologiska mätningar förekommer i undantagsfall spilltider. Vid bearbetningen har sådana spilltider frånräknats, varför samtliga försök avser en tidsåtgång uttryckt i verktid.

Det bör vidare tilläggas, att i standardiserade försök av det slag som här varit föremål för studier, arbetet förberetts så, att det inom den givna arbetsmetodens ram blivit utfört utan tidsspillan på grund av tveksamhet hos arbetaren om val av olika möjligheter, på grund av tillrättaläggningar vid

fattandet eller släppandet av virket eller dylikt. Försökspersonerna ha m. a. o. direkt kunnat gripa och släppa virket på bestämda platser med minsta tidsutdräkt. De prestationer o. dyl. som i det följande redovisas kan därför sägas vara de högsta möjliga för arbetet ifråga, vid den arbetsintensitet, som försökspersonen arbetat med.

## 2. Fysiologiska studier

a. *Syreupptagningen under arbete* mättes med DOUGLAS säckmetod. Utandningsluften uppsamlades härvid under pågående arbete under en tidrymd av 2—3 minuter efter en förarbetstid på 4 minuter, där ej annorlunda anges. Bestämning av utandningsluftens syre- och koldioxidhalt utfördes med HALDANES metod i modifikation av ENGHOFF. Ifråga om enskildheter i metodiken, se t. ex. ZOTTERMAN, LUNDGREN, LUTHMAN och LUND (1948).

För erhållande av en uppfattning om förekomsten av överskjutande anaerob omsättning vid högre syreförbrukningsintensitet gjordes i några fall vid travning av tyngre virke successiva mätningar av syreupptagningen före arbetet, under arbetstidens lopp och efter densamma i restitutionfasen, så att en kontinuerlig kurva över syreupptagningen före, under och efter arbetet erhöles. Avsikten härmed var dels att ge en uppfattning om syreskuldens storlek vid tungt hanteringsarbete. Dessutom erhöles möjligheter att bedöma, om de ovannämnda mätningarna av syreupptagningen under arbete även vid de tyngsta förekommande arbetsmomenten kunde läggas till grund för beräkningar över den energetiska arbetsekonomin.

I vissa försök med hopdragning av virke, där arbetet består av omväxlande framdragning av stockar och gång tillbaka till nästa stock, användes två Douglassäckar, varav den ena inkopplades under varje dragningsfas, medan den andra inkopplades under återgångsfaserna. Dessa försök gjordes för att man skulle få en uppfattning om graden av variationer i syreupptagning under de nämnda alternerande faserna av arbetet. Som framgår av beskrivningen av resultaten nedan, utfördes dessa försök vid flera avstånd för dragningen av virket.

Andningsfrekvensen räknades under den första halva minuten av uppsamlingen av utandningsluft. Pulsfrekvensen mättes i vissa fall med hjälp av en elektrokardiografisk pulsräknare av JOHANSENS konstruktion. I dessa fall erhöles en kontinuerlig registrering av pulsfrekvensen såväl under som efter arbetet. I flertalet fall utfördes emellertid endast manuell pulsräkning över 15-sekundersperioder under arbetet, där så var möjligt, och enligt ett bestämt schema i stående ställning i restitutionfasen. Härvid mättes tiden för 15 pulsslag omedelbart efter arbetets slut, varpå antalet pulsslag räknades under följande tidsintervall: 0' 30"—0' 45", 1'—1' 15", 1' 30"—1' 45", 2'—2' 30", 3'—3' 30", 4'—4' 30", och 5'—5' 30".

b. *Blodets mjölksyrehalt* bestämdes med BARKER och SUMMERSONS metod i STRÖMS modifikation (1949) på fingerblodprov med 25 mm<sup>3</sup> volym tagna 3 minuter efter arbetets upphörande.

c. *Prov över den fysiska arbetskapaciteten* utfördes under arbete på en cykelergometer av VON DÖBELNS konstruktion (1954). I vissa försök bestämdes den maximala syreförbrukningsintensiteten genom direkta mätningar vid en serie olika arbetsintensiteter. Det utförda arbetet ökades härvid stegvis var sjätte minut till subjektiv uttröttningsgrad, enligt skalan 600, 900, 1200, 1500 och 1800 kpm per minut. Utandningsluften uppsamlades under de två sista arbetsminuterna vid varje belastning, varjämte pulsfrekvensen räknades under femtonsekundersperioder en gång i minuten under hela arbetstiden. Blodprov för mjölksyrebestämning togs tre minuter efter arbetets upphörande.

I vissa försök nöjde man sig med att indirekt beräkna den maximala förmågan till syreupptagning med hjälp av bestämningar av pulsfrekvensen under arbetet på cykelergometer enligt det nyssnämnda belastningsschemat. Härvid kom ett av ÅSTRAND och RYHMING (1954) konstruerat nomogram till användning.

### C. Uppgifter rörande i försöken använt virke

Vid Edsbro-försöken som utfördes under april och maj månader 1955, användes virke uppkapat i längdklasserna 1, 2, 3, 5 och 7 m, med toppdiametrarna 1—2", 2—4", 4—8" och 8—12" enligt tabell 1, sid. 7. Såväl helbarkat som obarkat virke hade anskaffats. Det helbarkade virket hade huggits under sensommaren och hösten 1954 och hade varit strölagat för torkning tills försöken började. Det obarkade virket var hugget under vintern 1954/55 och var alltså vid försöken rått.

Allt i försöken använt virke klavades på mitten med avläsning av diametern till närmaste millimeter. Därjämte vägdes alla bitar, och vikten av varje bit avlästes på ett hektogram när. Undantag härifrån utgjorde det virke som användes för strölägningsstudierna, där alla bitar klavades men vägningen utfördes stickprovsmässigt.

Försöksresultaten från Edsbro redovisas genomgående med angivande av bitvikt i kilogram, och det utförda arbetet som kilogrammeter eller tonmeter vid horisontell förflyttning av virket. Vid vertikal förflyttning finnes givetvis de praktiska förutsättningarna för beräkning av det verkliga mekaniska lyftarbetet i kpm. Emellertid är det ur praktisk synpunkt inte detta mekaniska arbete man är intresserad av utan den travade virkesmängden per tidsenhet. Av denna anledning har i travningsstudierna det utförda arbetet redovisats i travade kilogram eller ton.

I fig. 2 anges de volymvikter av helbarkat resp. obarkat virke som erhållits vid vägningarna. Volymvikten av det helbarkade virket har i allmänhet legat

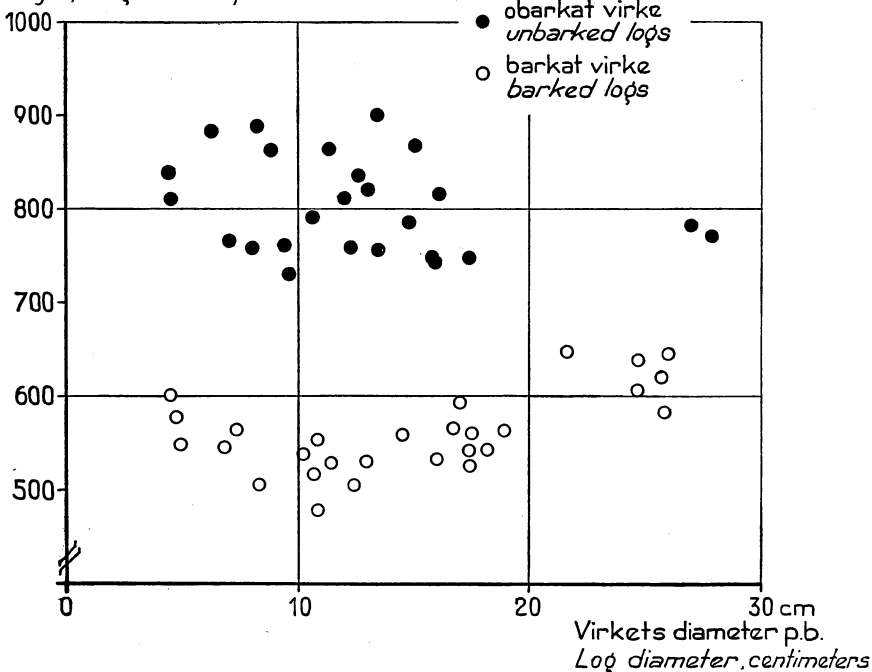
Vikt,  $\text{kg}/\text{m}^3$  f.Weight, *kilogrammes per cu. m.*

Fig. 2. Sammanställning över bestämningar av virkets volymvikt. Edsbro.  
Volume weight of the logs used in the tests at Edsbro.

vid 500—600  $\text{kg}/\text{m}^3$  med undantag för virke grövre än 20 cm, där volymvikten var ca 15 % högre. Det obarkade virket hade en volymvikt av 750—900  $\text{kg}/\text{m}^3$ .

I Edsbro-försöken utfördes jämväl dragningsstudier med virke som från början var 7 m långt men som sedan successivt kapades på mitten, varefter försöken upprepades efter varje kapning. Härigenom erhöles även längderna 3,5, 1,75 och 0,875 m.

#### D. Kontrollförsök över använda metoder

##### I. Mätningar av produktionshastigheten vid arbete med och utan samtidig bestämning av syreupptagningen

I de arbetsförsök, i vilka syreupptagningen mättes, var försökspersonen utrustad med en ganska vidlyftig apparatur, bestående av munstycke, andningsventil, näsklämma och en gummisäck buren på ryggen i en mesställning. Även om tidigare iakttagelser vid skogsarbete visat, att arbetshastigheten vanligen inte påverkas härav hos vana försökspersoner (ZOTTERMAN, LUNDGREN,

**Tabell 3. Försök med dragning av virke med och utan apparatur (säck m. m.) för insamling av utandningsluften. Försöksperson G. N.**

Comparison of time consumption in manual dragging of logs for a subject with and without equipment (sack etc.) for physiological measurements.  
Subject G. N.

Virkets Log		Av- stånd m Dis- tance m	Antal bit No. of logs	Total dragen vikt, kg Total weight kg	Medel- vikt per bit kg Average weight of logs, kg	Verktid, cmin Time con- sumption cmin	Försöks- personernas utrustning Subject without (utan) or with (med) sack	Tid med säck
längd m ob length m	diam tum diam inches							Tid utan säck Time consump- tion with sack Time consump- tion without sack
3	8—12"	20	4	495,7	123,92	617	utan säck	0,98
3	8—12"	20	4	495,7	123,92	604	med säck	
3	1— 8"	20	17	439,7	25,86	667	utan säck	1,05
3	1— 8"	20	17	439,7	25,86	702	med säck	
3	8—12"	10	9	1 104,6	122,67	705	utan säck	0,91
3	8—12"	10	9	1 104,6	122,67	636	med säck	
3	1— 8"	20	17	439,7	25,86	663	utan säck	1,05
3	1— 8"	20	17	439,7	25,86	694	med säck	
3	8—12"	20	4	495,7	123,92	605	utan säck	1,04
3	1— 8"	10	42	950,1	22,62	699	utan säck	
3	1— 8"	10	42	950,1	22,62	725	med säck	
3	1— 8"	10	38	829,9	21,84	626	utan säck	
3	1— 8"	10	38	829,9	21,84	754	med säck	1,20
3	8—12"	10	13	1 472,8	113,29	1 037	utan säck	0,90
3	8—12"	10	13	1 472,8	113,29	934	med säck	
3	8—12"	15	4	495,7	123,92	404	utan säck	
3	1— 8"	15	17	439,7	25,86	437	utan säck	

$$\bar{x} = 1,02 \pm 0,039 \quad \sigma = 0,102$$

LUTHMAN och LUND, 1948), var det naturligtvis av intresse att kontrollera detta förhållande även i den föreliggande undersökningen.

För detta ändamål utfördes i samband med de studier av dragning av virke, som nedan skall beskrivas, en serie parvisa jämförelser på försökspersonen G. N., i vilka han drog ihop samma virke över samma vägsträckor dels under samtidig uppmätning av syreupptagningen och dels utan att vara utrustad med apparaturen härför. I tabell 3 jämfördes dessa försök. I tabellens högra kolumn har kvoten beräknats mellan tidsåtgången för samma arbete utfört med säck och utan säck. Denna kvot varierar mellan 0,90 och 1,20 och har i medeltal varit  $1,02 \pm 0,039$ . Detta innebär att tidsåtgången vid arbete med säck i medeltal varit 2 % högre. Ett *t*-test visar emellertid, att denna obetydliga skillnad ej är signifikant.

## 2. Bestämning av syreskuldens storlek vid tyngre arbete

I de nedan beskrivna försöken över travning och hopsläpning av virke användes syreupptagningen i ml per travat kg virke eller per »horisontell kgm» som ett uttryck för den energimässiga arbetsekonomin. En förutsättning för att ett sådant mått skall vara användbart är naturligtvis, att syreupptagningen verkligen motsvarar energiomsättningen i kroppen, dvs att det under den tid, under vilken utandningsluften uppsamlades, inte förelåg någon mera påtaglig överskjutande anaerob omsättning. Någon sådan behöver enligt tidigare erfarenheter inte påräknas vid de föreliggande försöksbetingelserna, så länge syreupptagningen ligger någorlunda långt under den för försökspersonen maximala. Det ansågs emellertid nödvändigt med kontrollförsök över syreskuldens storlek vid de högsta av de i de praktiska försöken förekommande arbetsintensiteterna.

I dessa kontrollförsök uppmättes försökspersonens syreupptagning i vila, i stående ställning i en serie bestämningar med ca 5 minuters varaktighet. Han fick därefter arbeta med travning av tremeters obarkade granstockar med praktiskt taget samma vikt (medelvikt 104,6 kg), vilka lyftes från marken upp på en plattform med 121 cm höjd, med en samtidig horisontell förflyttning av varje stock i sidled på 150 cm. I en försöksserie arbetade försökspersonen i en av honom själv vald normal arbetsintensitet, i en annan serie i en på samma sätt vald hög arbetsintensitet. Arbetet i varje försöksserie pågick i ungefär åtta minuter, varunder utandningsluften successivt uppsamlades i perioder om två minuters längd. Omedelbart efter arbetets slut stod försökspersonen stilla, varvid man fortsatte att samla upp utandningsluften under konsekutiva tidsperioder på 2, 3 och 5 minuter, dvs under sammanlagt 10 minuters vila efter arbetets slut.

Resultaten från dessa försök demonstreras av fig. 3 och 4. Som synes kom försökspersonen (M. K.) vid normal arbetsintensitet (fig. 3) upp i en slutlig syreupptagning på 2,75 l/min, vilken nivå var nådd efter 4 minuters arbete. Efter arbetets slut sjönk syreupptagningen snabbt, så att den var nere på vilonivån inom tio minuter.

Frågan om huruvida den på diagrammet visade slutliga syreupptagningsnivån under arbetet motsvarar en aerob energiomsättning i musklerna kan bedömas genom att man jämför det s. k. syredeficit i början av arbetet med syreskulden under återhämtningsfasen. Syredeficit är härvid skillnaden mellan den verkliga syreupptagningen vid arbetets början och den slutliga arbetsnivån. Syreskulden utgör den under restitutionfasen överskjutande syreupptagningen utöver den vilonivå, som man kunde iaktta före arbetets början. I de å fig. 3 demonstrerade studierna utgjorde syredeficit i början av arbetet 2,0 liter, medan syreskulden var 2,3 liter. Dessa beräkningar indikerar, att

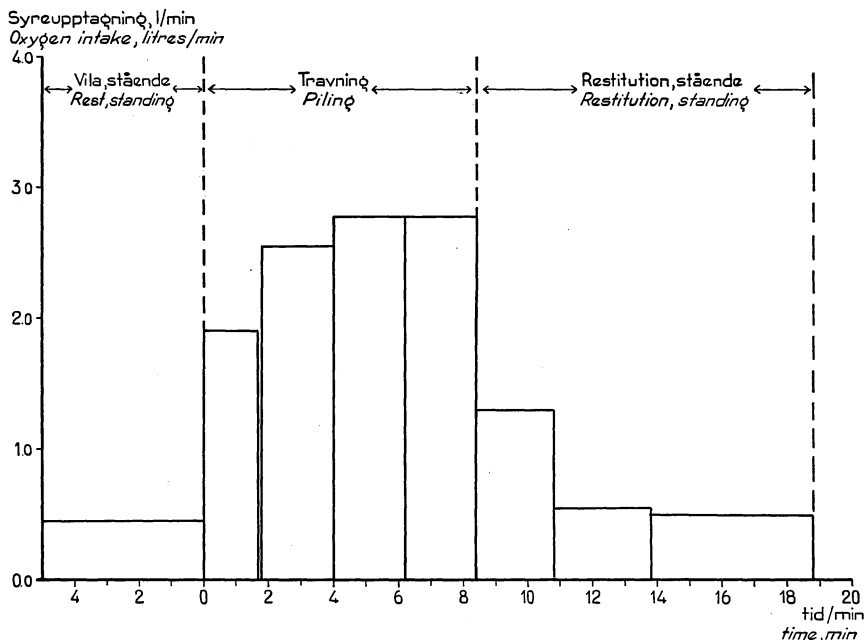


Fig. 3. Syreskultsförsök vid travning i »normal» arbetsintensitet av 3 m grovt obarkat virke till 1,21 m höjd. Prestation 248,9 kg per min. Bitvikt 104,6 kg.

Test on oxygen deficit at piling of 3 metre long logs to a height of 1,21 m. Output 248.9 kilogrammes per minute. Log weight 104.6 kilogrammes. "Normal" work intensity.

den iakttagna slutliga arbetsnivån ifråga om syreupptagning motsvarar aeroba förhållanden, och att en förperiod på 4 minuter sålunda är tillräcklig för att man med hjälp av den därefter uppmätta syreupptagningen under arbetet skall kunna bedöma den energetiska arbetsekonomin.

I det senare försöket med hög arbetshastighet (fig. 4) uppnåddes en slutlig syreupptagning under arbetet om inte mindre än 3,5 l/min, dvs fullt i nivå med de högsta värden man fann vid travning och hopdragning av virke (se nedan). I detta fall var maximinivån praktiskt taget uppnådd redan efter 2 minuters arbete. Syredeficit vid arbetets början beräknades till 1,74 liter, medan syreskulden var 2,05 liter. Vilonivån ifråga om syreförbrukning var här nådd redan efter ca 5 minuters vila. Trots den högre arbetstyngden var sålunda arbetet troligen mera aerobt i detta försök än i det i fig. 3 demonstretade. Detta kan möjligen sammanhänga med att försöket med den högre arbetsintensiteten gjordes på förmiddagen, då försökspersonen var relativt utvilad, medan försöket med den något lägre arbetsintensiteten gjordes på eftermiddagen efter en rad av föregående arbetsförsök.

Sammanfattande talar resultaten för att försökspersonen efter den vanliga använda förarbetstiden på minst 4 minuter i de nedan beskrivna försöken



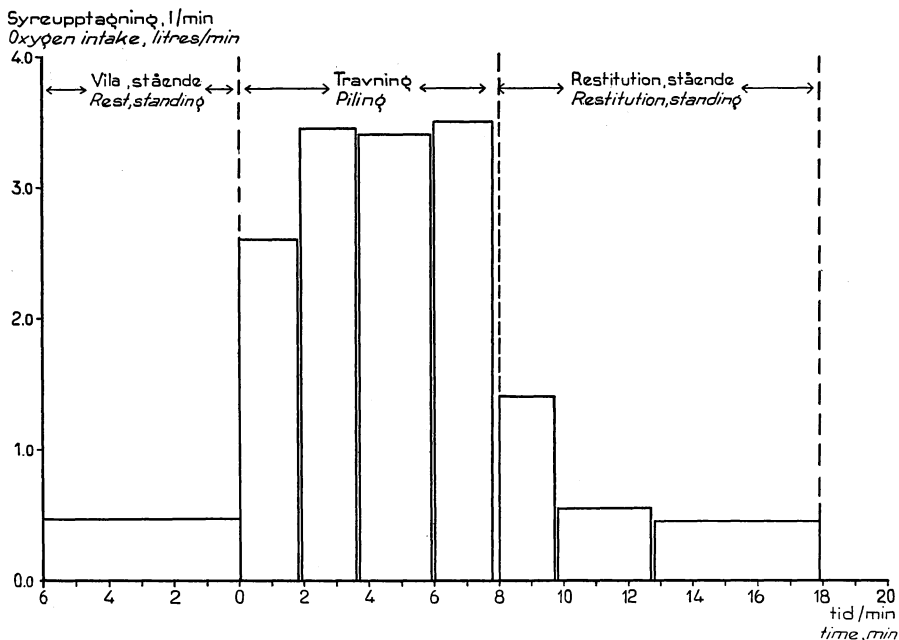


Fig. 4. Syreskultsförsök vid travning i hög arbetsintensitet av 3 m grovt obarkat virke till 1,21 m höjd. Prestation 334 kg per min. Bitvikt 104,6 kg.

Test on oxygen deficit at piling of 3 metre long logs to a height of 1.21 m. Output 334 kilogrammes per minute. Log weight 104.6 kilogrammes. High work intensity.

över travning och hopdragning av virke nått upp till en syreupptagning, som även vid de högsta iakttagna arbetsintensiteterna motsvarar ett i huvudsak aerobt arbetssätt. De i dessa försök uppmätta syreupptagningarna kan därför anses ge ett tillräckligt adekvat uttryck för den energimässiga arbetstyngden, varför de använda uttrycken för den energetiska arbetsekonomin, vilka ovan omnämnts, kan anses vara användbara även vid de tyngsta arbetena.

### [E. Hopdragning av virke under standardiserade förhållanden

Dragning av virke utföres i praktiskt arbete antingen av huggaren i samband med huggningen eller av köraren, brosslaren eller lastkarlen vid lunning av virket. En serie olika standardiserade dragningsförsök liknande de i praktiskt arbete förekommande ha utförts, vilka redovisas i det följande.

#### 1. Undersökning av syreförbrukningen vid gång utan börda

Dragning eller bärning av en börda medför alltid en ökad energiåtgång utöver den som erfordras vid förflyttning utan börda. Är bördan tung ökar som regel även tidsåtgången. Om man känner till energiåtgången vid gång

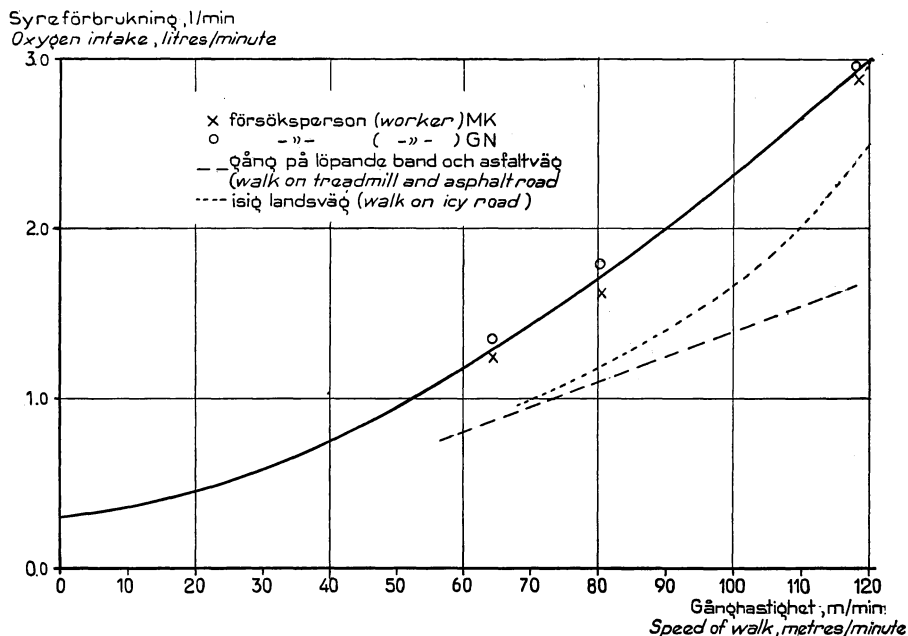


Fig. 5. Syreupptagning vid gång med olika hastigheter på slät mark, Edsbro.  
Oxygen intake with walking at different speeds on even ground. Edsbro.

utan börda vid olika gånghastigheter och därefter under likartade förhållanden låter försökspersonen utföra dragning eller bärning av olika bördor, kan den energiåtgång, som bördans förflyttning krävt, framräknas som skillnaden mellan energiförbrukningen vid gång utan och med börda vid samma gånghastighet. I detta syfte ha mätningar utförts på båda försökspersonerna vid gång utan börda vid olika gånghastigheter. Resultaten framgå av fig. 5. Försöken är utförda på försöksfältet vid Edsbro, dvs på jämn, torr gräsvall. I figuren har även som jämförelse inlagts resultaten av liknande gångförsök på jämnt underlag, dels från laboratorieförsök på löpande band, dels ock från gång på asfalterad landsväg.

## 2. Orienterande försök över dragning av virke

För att erhålla en första överblick över dragningsarbetet utfördes mätningar vid dragning av helbarkat och obarkat virke av olika längd och medelvikt på ett försöksfält täckt med ca 10 cm nysnö. Förflyttningssträckan var härvid 30—35 m och marken tämligen plan och horisontell. Försöksresultaten återges i tab. 4. Enär försöksbetingelserna ändrade sig — snön smalt bort — måste dessa studier avbrytas innan alla delförsök slutförts. Av tabellen kan dock följande resultat utläsas, vilka verifieras i efterföljande försöksserier:

**Tabell 4. Orienterande försök över dragning av virke över 30—35 m vägsträcka på försöksfältet i Edsbro. (Temp. 0°C. Försöksperson M. K.)**

Preliminary tests on dragging of logs under different conditions (Subject M. K.)

Förhållande n Conditions	Variabler Variables	Barkn. OB = Unbarked HB = Barked	Medel- vikt per bit, kg Average weight kg/log	Virkets längd, m Log length m	Syre-upptagn. Oxygen intake		Ton- meter per min
					l/min	ml/kgm	
Samma vir- keslängd och ung. samma vikt i 10 cm nysnö Same log length and weight in 10 cm new snow	Obarkat	OB	21,7	5	2,56	3,07	,83
	Helbarkat	HB	23,4	5	2,54	3,10	,82
Samma vir- keslängd och ung. samma vikt, hel- barkat Same log length and weight, barked	10 cm nysnö	HB	23,4	5	2,54	3,10	,82
	Tilltr. snö	HB	21,2	5	2,05	2,49	,82
	10 cm nysnö	HB	29,5	1	2,59	2,58	1,00
	Tilltr. snö	HB	29,4	1	1,52	1,48	1,03
Ung. samma virkesvikt, helbarkat, i 10 cm nysnö About same log weight, barked, in 10 cm. new snow	1 m längd	HB	29,5	1	2,59	2,58	1,00
	3 m »	HB	31,7	3	2,57	2,20	1,17
	2 m »	HB	23,2	2	2,47	2,99	,83
	5 m »	HB	23,4	5	2,54	3,10	,82
	2 m »	HB	44,5	2	2,85	1,62	1,76
	5 m »	HB	45,2	5	2,77	1,72	1,61
Samma vir- keslängd, hel- barkat, i 10 cm nysnö Same log length, barked, in 10 cm new snow	Vikt 23,2 kg	HB	23,2	2	2,47	2,99	,83
	» 44,5 »	HB	44,5	2	2,85	1,62	1,76
	» 31,7 »	HB	31,7	3	2,57	2,20	1,17
	» 60,2 »	HB	60,2	3	2,82	1,56	1,81
	» 23,4 »	HB	23,4	5	2,54	3,10	,82
	» 45,2 »	HB	45,2	5	2,77	1,72	1,61
10 cm nysnö 10 cm new snow		HB	37,7	7	2,04	1,53	1,47

Syreförbrukningen har i regel legat mellan 2,5 och 3,0 liter syre per minut. Sättes syreförbrukningen i relation till det samtidigt utförda transportarbetet, framgår att syreförbrukningen per »horisontell kilogrammeter» av effektivt transportarbete<sup>1</sup> vid bördor på 40—60 kg håller sig vid 1,6 ml per hor.kgm och att den stiger vid sjunkande medelvikt hos virkesbitarna. Vid ca 20 kg medelvikt uppgår syreförbrukningen till ca 3 ml per hor.kgm. Syreförbruk-

<sup>1</sup> Horisontell kilogrammeter av effektivt arbete = bördans vikt i kg multiplicerad med den horisontella sträcka i meter som bördan förflyttats. Tonmeter = bördans vikt i ton ggr förflyttningssträckan i m.

ningen ökar alltså snabbt med sjunkande medelvikt hos virkesbitarna. Det per tidsenhet presterade effektiva arbetet, beräknat som tonmeter per minut, framgår av tabellens högra kolumn. För virkesbitar med medelvikten mellan 40 och 60 kg utgjorde arbetsprestationen 1,6—1,8 tonmeter per min för att sjunka till ca 0,8 tonmeter per min vid en medelbitvikt av ca 20 kg. Det bör observeras att vid dessa liksom vid alla efterföljande försök över dragning har alla bitarna dragits i samma riktning, vilket innebär att försökspersonens återgång utan börda för hämtning av biten alltid ingår i försöket såväl tidsmässigt som energimässigt.

### 3. Dragningsförsök i skogsmark

Liknande försök utfördes därefter i jämn skogsmark täckt med ett tunt, något isigt snölager. I varje försök studerades dragning av virkesbitar med en bestämd längd (1, 2, 3, 5 och 7 m) men av varierande grovlek. Ett antal bitar av samma längd utlades sålunda i en cirkel med 10 m radie och försökspersonen drog vid mätningarna bitarna till cirkelns centrum, så att alla bitarnas tyngdpunkt härvid förflyttades exakt 10 m. Resultaten återges i tabell 5 samt fig. 6 och 7. Syreupptagningen ligger liksom i de ovannämnda orienterande studierna mellan 2,5 och 3,0 l per min. Även syreupptagning och tidsåtgång per horisontell kilogrammeter visa samma tendens som vid de i föregående avsnitt redovisade försöken. Av fig. 6 framgår att prestationen, uttryckt i »horisontella kgm per minut», stiger vid ökad bitvikt för att sedan en viss punkt nåtts åter sjunka. Samma förhållande gäller syreförbrukningen per uträttad ar-

**Tabell 5. Orienterande försök över dragning av obarkat virke av olika längd i jämn skogsmark på tilltrampad snö. Draglängd 10 m. Försöksperson G. N.**

Preliminary tests on the dragging of unbarked logs of different lengths on flat forest ground with packed snow. Distance 10 m. Subject G. N.

Virkets		Medelvikt, kg per bit Average weight of each log	Tonmeter per min Tonmetre per minute	Syreupptagning Oxygen intake	
längd m Length of logs m	diam tum Diam of logs inch			l/min l/min	ml/kgm ml/kgm
1	1—10	13,3	0,904	2,56	2,83
1	1—10	13,9	0,655	2,65	4,05
2	1—8	13,7	0,873	2,65	3,04
2	1—8	19,7	0,716	2,87	4,01
3	1—8	26,4	1,393	2,68	1,92
3	1—8	29,1	1,271	2,84	2,23
5	1—6	26,8	1,225	2,46	2,01
5	1—6	30,1	1,193	2,64	2,21
7	2—4	51,3	1,778	2,96	1,66
7	2—4	45,7	1,494	2,73	1,83
3	8—12	118,1	1,414	3,00	2,12
3	8—12	118,1	1,629	2,95	1,81

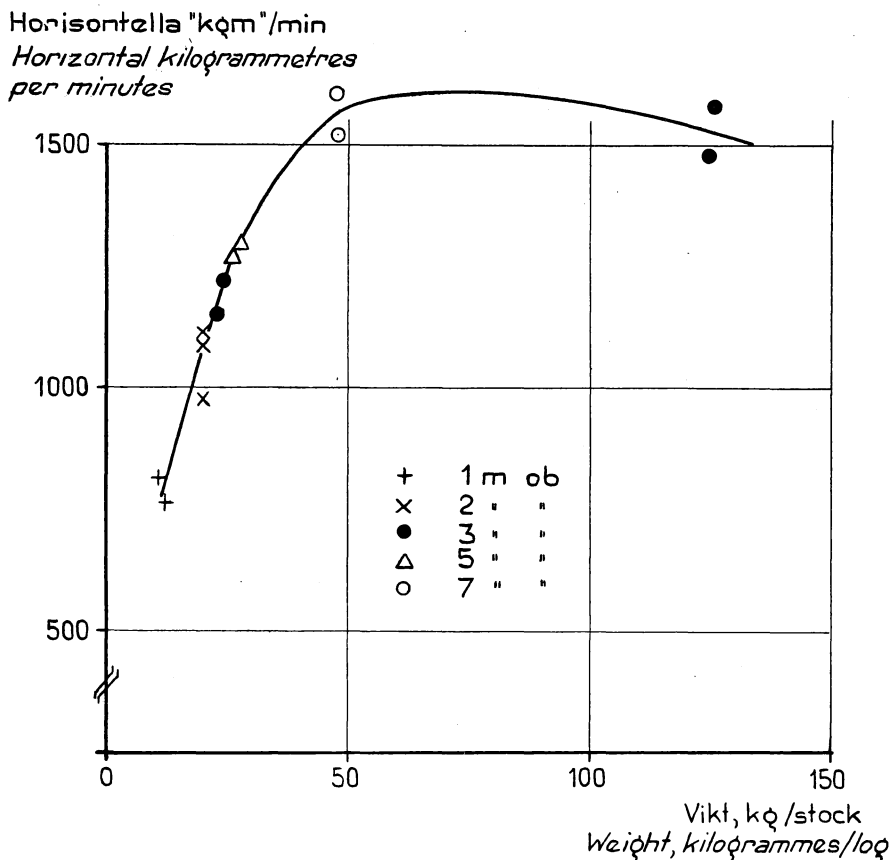


Fig. 6. Presterat arbete vid dragning i skogsmark av virke med olika längd och grovlek.  
Output at manual dragging of logs of different lengths and diametres.

betsenhet, i detta fall uttryckt i milliliter förbrukat syre per horisontell kilogrammeter. Den är hög för små bitvikter men sjunker snabbt för att efter en viss punkt åter stiga svagt.

Detta innebär att det såväl ur tids- som energisynpunkt synes finnas en optimalvikt av virkesbitarna. Underskrider resp. överskrider denna optimalvikt försämras verkningsgraden i arbetet såväl tidsmässigt som energimässigt. Ett studium av kurvorna i fig. 6 och 7 visar att ett överskridande av optimalvikten leder till en relativt måttlig eller obetydlig försämring i nämnda avseenden medan ett underskridande snabbt försämrar dragningsarbetets effektivitet.

Någon klar inverkan av virkeslängden kan inte spåras i detta försök.

Det ansågs även av intresse att belysa hur snabbt kroppens syreupptagning anpassade sig efter den olika belastning som försökspersonen utsattes för,

Syreförbrukning, ml / kg m  
 Oxygen intake  
 cu centimetres / kilogrammetres

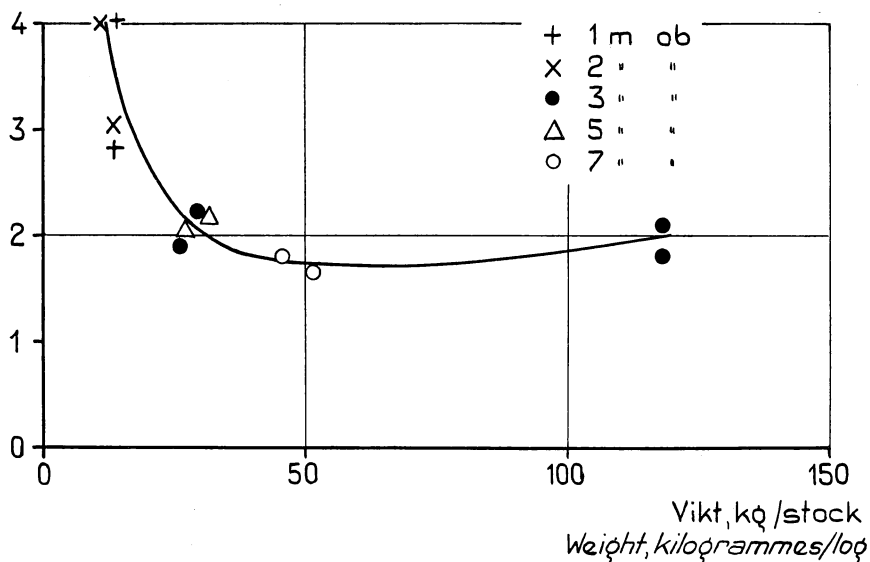


Fig. 7. Syreförbrukning vid dragning i skogsmark av virke med olika längd och grovlek.  
 Oxygen intake at manual dragging of logs of different lengths and diameters.

dels vid dragningen av virkesbitarna och dels vid återgång tomhänt för hämtning av nästa bit. I detta syfte anordnades en serie försök — identiska med vissa av de tidigare redovisade försöken — där försökspersonen försågs med två Douglassäckar. I den ena uppsamlades utandningsluften under dragningsarbetet och i den andra utandningsluften under återgången utan börda. I en försöksserie fick försökspersonen dra ett antal bitar utlagda i en 10 m-cirkel till dess centrum, i en annan serie upprepades försöket men med bitarna utlagda i en 20 m-cirkel. Sju sådana parvisa jämförelser av syreupptagningen under på varandra följande dragningsfaser och återgångsfaser utfördes (se tab. 6). Den genomsnittliga syreupptagningen i det förra fallet var 2,60 l/min och i det senare fallet 2,75 l/min. Ingen säkerställd skillnad rädde mellan dessa värden.

Dessa iakttagelser visar, att de mätningar av syreupptagningen, som i alla övriga dragningsstudier utfördes gemensamt under virkets dragning och de vid samma tillfälle förekommande återgångsperioderna, kan beräknas ge en ganska klar uppfattning om den maximala syreupptagningsnivå, som förekom vid respektive försök. Vidare demonstrerar de gjorda iakttagelserna, att

**Tabell 6. Jämförande mätningar av lungventilation och syreupptagning under gång med börda (dragning) och utan börda (återgång) vid hopdragning av obarkat virke. Virkeslängd 3 m.**

Measurement of the lung ventilation and oxygen intake during the actual dragging and during the return without a load (to fetch next log). Unbarked 3 m logs.

Virke Log		Drag- längd m/bit Distance m/log	Lungventilation (STPD), l/min			Syreupptagning l/min		
Diam tum Diam inch	Medel- vikt kg/bit Average weight kg/log		Lungventilation l/min			Oxygen intake l/min		
			Drag- ning Dragging	Åter- gång Return	Dragning + återgång Dragging + return	Drag- ning Dragging	Åter- gång Return	Dragning + återgång Dragging + return
I— 8	22,4	10	49,2	47,4	48,4	2,67	2,53	2,61
I— 8	21,1	10	54,8	52,1	53,9	2,74	2,66	2,70
8—12	119,5	10	37,1	38,9	37,8	1,71	1,80	1,73
8—12	118,1	10	66,6	69,3	67,3	3,12	3,26	3,16
I— 8	31,8	20	43,6	51,8	47,3	2,27	2,69	2,46
I— 8	31,8	20	49,9	55,1	52,3	2,63	2,95	2,78
8—12	118,3	20	67,6	68,8	67,8	3,09	3,39	3,15

man vid den här förekommande arbetstypen, med ganska täta periodiska växlingar mellan mekaniskt tungt och mekaniskt lättare arbete får en utjämning av syreupptagningsintensiteten mellan dessa båda perioder.

#### 4. Dragningsförsök med successivt uppkapat virke

Dessa dragningsförsök tillgick så, att en viss kvantitet virke utlades i en cirkelkvadrant efter ett visst system (se fig. 8). Försökspersonen drog sedan detta virke till kvadrantens mittpunkt, varvid erforderliga mätningar gjordes. Virket utlades sedan på exakt samma platser i kvadranten, varje bit kapades på mitten, varefter försöket upprepades. Detta upprepades fyra gånger så, att när den ursprungliga virkeslängden exempelvis var 7 m erhöles fyra försök med dragning av exakt samma virke exakt samma väg men med virkeslängderna 7, 3,5, 1,75 och 0,875 m. Härigenom kom bitantalet successivt att dubblas och bitarnas medelvikt att halveras mellan varje försök. För att försöket i möjligaste mån skulle ansluta sig till verkliga förhållanden gjordes följande beräkning som grund för försöket.

Vid en stockvikt om 80 kg och en spec. vikt av 0,75 kommer de i fig. 8 utlagda fyra stockarna att representera en avverkning av 35 m<sup>3</sup> sk per ha vid en radie av 12,5 m. Avstånden från cirkelkvadrantens mitt till platserna för resp. rotändar utgör radierna för de cirkelbågar, som delar den stora kvadrantens yta i förhållandet 1/8 ( $r = 4,4$  m), 3/8 ( $r = 7,6$  m), 5/8 ( $r = 9,9$  m) och 7/8 ( $r = 11,7$  m). Härvid kommer en rotända att vara placerad i vardera av fyra lika stora och utanför varandra liggande — av cirkelbågar begränsade —

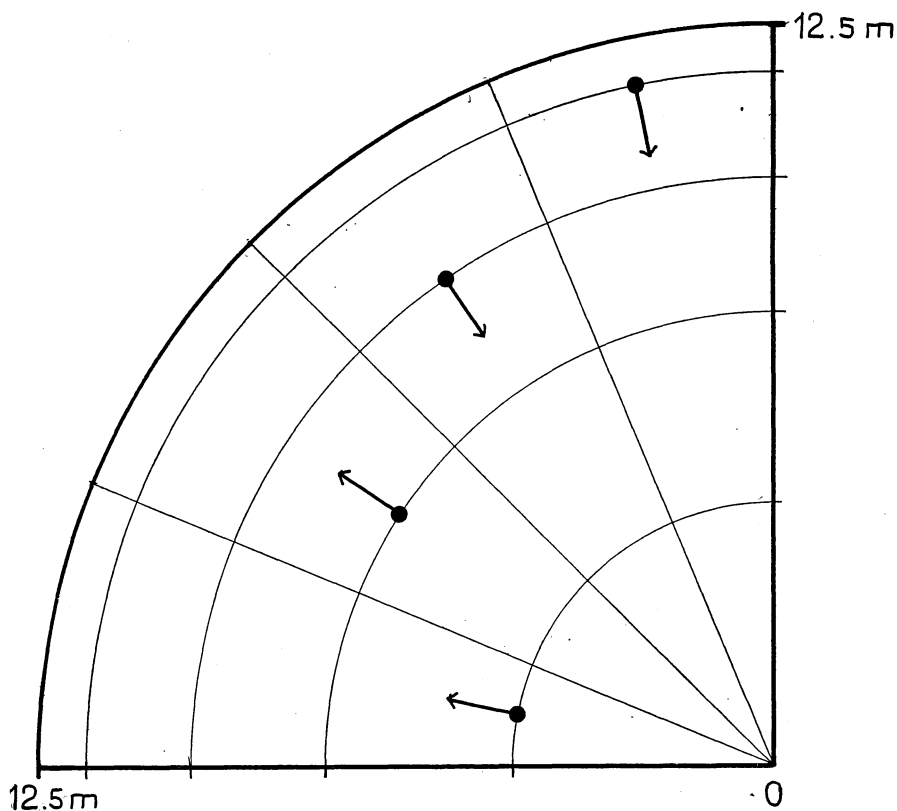


Fig. 8. Skiss över virkets utplacering vid dragningsförsök med successivt uppkapat virke.  
Sketch of the position of the logs at the tests on successively cross-cut logs.

delar av den stora kvadranten. Varje rotända ligger samtidigt på den cirkelbåge, som delar respektive fjärdedel av stora kvadranten i två likstora ytor. Riktningen på träden har valts så, att huggaren förutsättes ha fällt de två närmaste träden så att rotändan kommer i dragriktningen, medan de två bortersta träden fällts med toppen från kvadrantens mitt.

Dessa s. k. kvadrantförsök utfördes på jämn torr gräsvall på barmark i exakt överensstämmelse med ovan angiven modell. Således valdes från början 7 m långt obarkat virke, varvid de enskilda 7 m-bitarna i ett och samma försök valdes ut så att de hade ungefär samma vikt. Försöken utfördes i tre serier för respektive grovt, medelgrovt och klint virke och samtliga försök utfördes med samma virke med två försökspersoner.

Försöket började när försökspersonen — omedelbart efter en uppvärmningsperiod bestående av dragning av annat virke — utgick från kvadrantens mitt och hämtade den första biten och avslutades, när sista biten dragits



Tabell 7. Tabell över använt virke vid »kvadrantförsöken» vid Edsbro.

Ant. bitar	Virkeslängd m	Grovlek	Virkesbitarnas medelvikt kg	Variation i vikt kg
8	7	»Klent»	39,6	36,4—42,5
4	7	»Medel»	79,5	78,0—81,3
4	7	»Grovt»	124,3	104,2—134,0

fram till kvadrantens mitt. Försökspersonerna fick fritt välja mellan att använda sax eller krok eller arbeta utan redskap. De fick likaledes välja det antal bitar de själva ansåg lämpligt att medtaga varje vända samt vidare, om de så föredrog, att kasta virke till mittpunkten. Varje arbetare har således utfört arbetet på det sätt, han själv bedömt lämpligt. Resultaten av dessa försök för de två personerna återges i fig. 9 a och b beträffande presterat arbete i horisontella kilogrammeter per minut och fig. 10 a och b beträffande syreförbrukningen i milliliter per uträttad arbetsenhet. I tabell 8 (i tabellbilaga efter texten) har försöksresultaten sammanställts.

Det framgår av fig. 9 a och b och 10 a och b att kurvorna har mycket lika förlopp för de två försökspersonerna samt att såväl tidsåtgång som sammanlagd syreförbrukning för arbetet stiger allt eftersom virket kapas upp i allt kortare längder. Följande tabeller 9 och 10 belysa detta förhållande.

Vid granskning av dessa tabeller framgår, utöver det ovan sagda, att överensstämmelsen mellan serierna för de båda försökspersonerna är relativt god. Försökspersonen GN arbetade dock relativt bättre med de kortaste längderna än MK. Samtidigt var de tyngsta bitarna tydligen för tunga för GN, vilket kan förklaras av hans något lägre maximala arbetskapacitet.

Tabell 9. Tidsåtgång i relativa tal för dragning av samma virke i 7,0, 3,5, 1,75 och 0,875 m längder utlagt i en kvadrant.

Virkets grovlek	Försöksperson	Virkets längd i meter			
		7	3,5	1,75	0,875
Klent ca 10 cm	Medelvikt per virkesbit, kg	39,6	19,8	9,9	5,0
	MK	100	112	156	313
	GN	100	113	165	289
Medel ca 13 cm	Medelvikt per virkesbit, kg	79,9	40,0	20,0	10,0
	MK	100	163	230	344
	GN	100	166	226	296
Grovt ca 17 cm	Medelvikt per virkesbit, kg	124,3	62,3	31,2	15,6
	MK	100	120	164	287
	GN	100	93	135	219

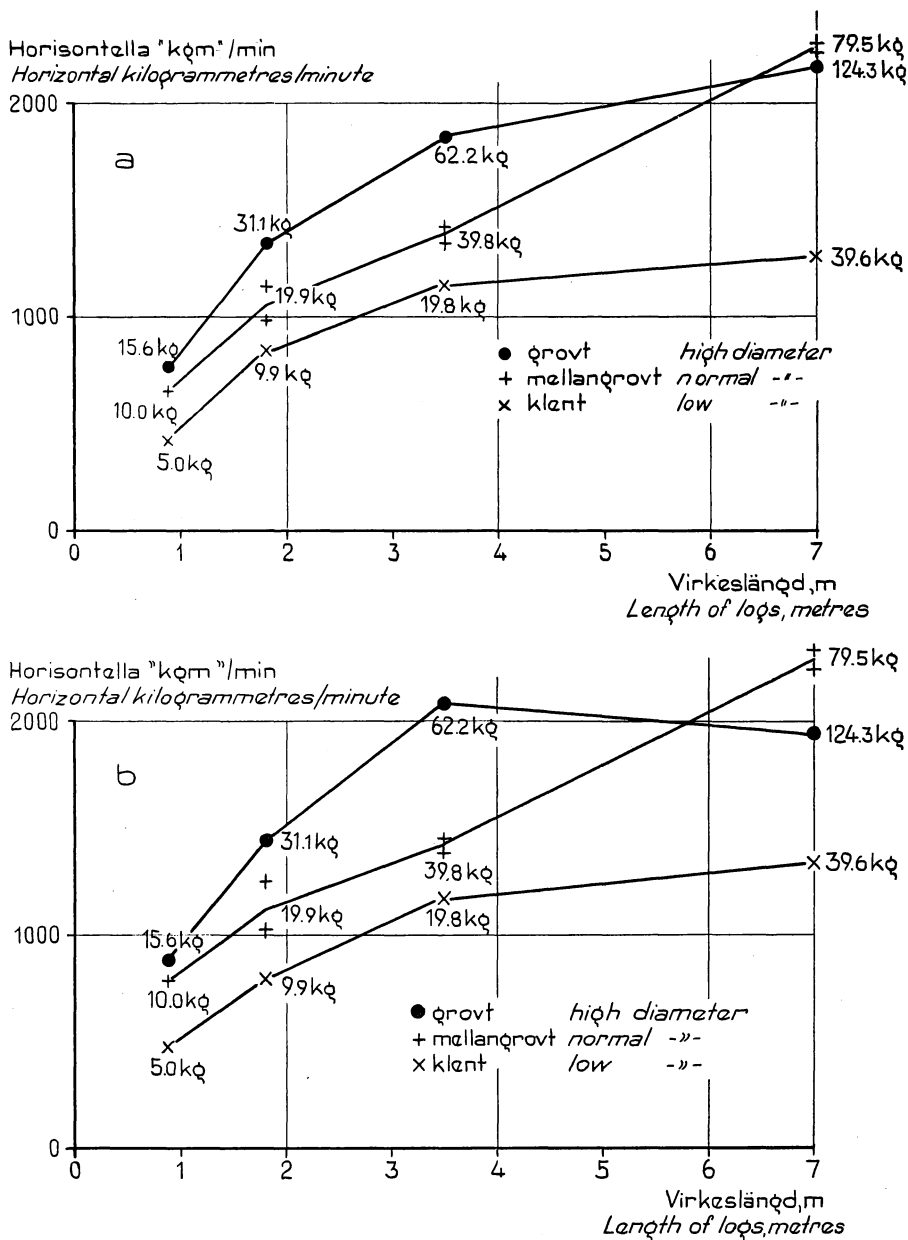


Fig. 9. Prestation vid dragning av successivt uppkapat virke a) försöksperson M.K. och b) försöksperson G.N.

Output at manual dragging of successively cross-cut logs a) subject M.K. and b) subject G.N.

Syrupptagning, ml/horisontella kqm

Oxygen intake cu.centimetres/horizontal  
kilogrammetres

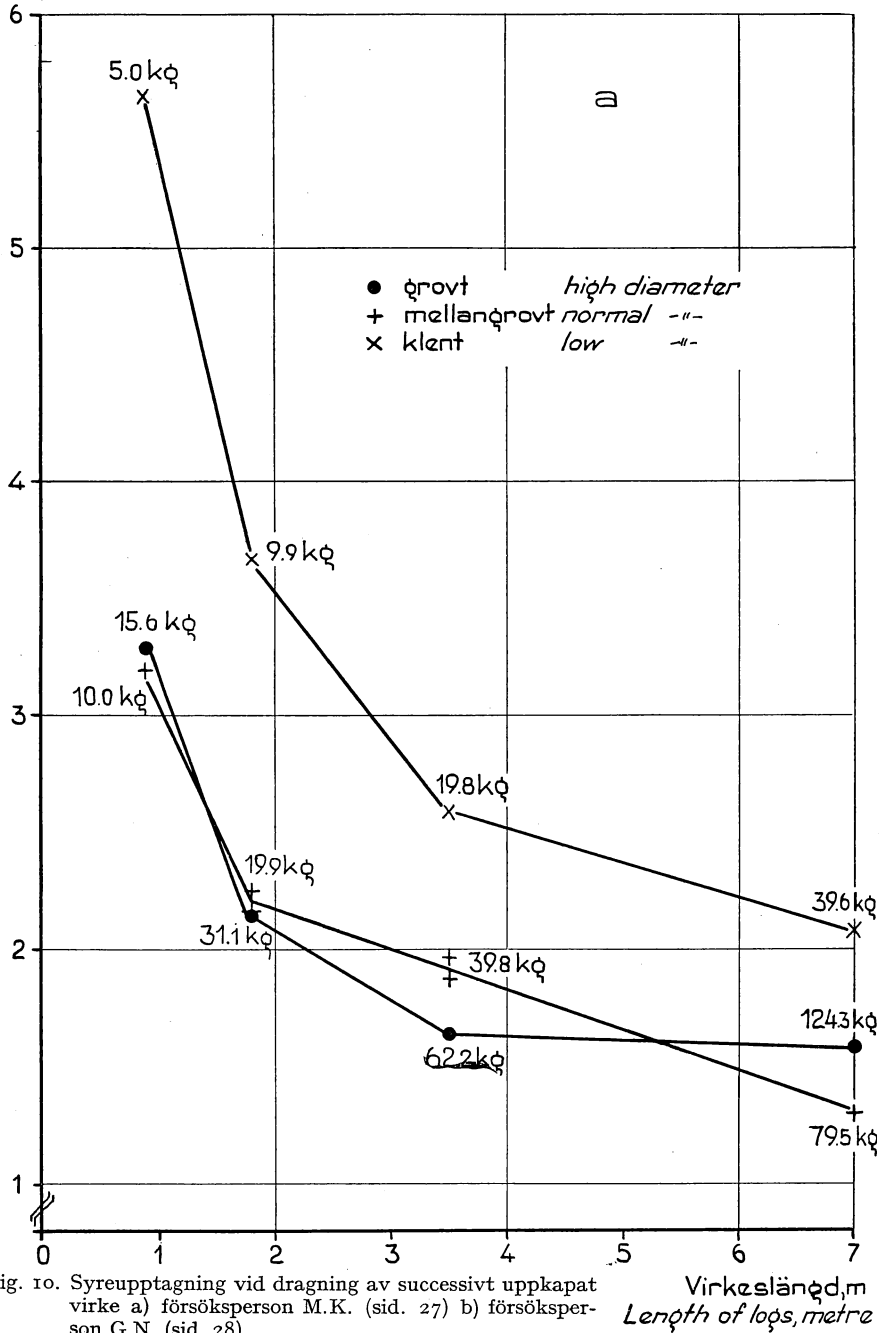


Fig. 10. Syrupptagning vid dragning av successivt uppkapat virke a) försöksperson M.K. (sid. 27) b) försöksperson G.N. (sid. 28).

Oxygen intake at manual dragging of successively cross-cut logs a) subject M.K. (p. 27) b) subject G.N. (p. 28).

Syreupptagninq, ml/horisontella kqm

Oxygen intake cu.centimetres/horizontal  
kilogrammetres

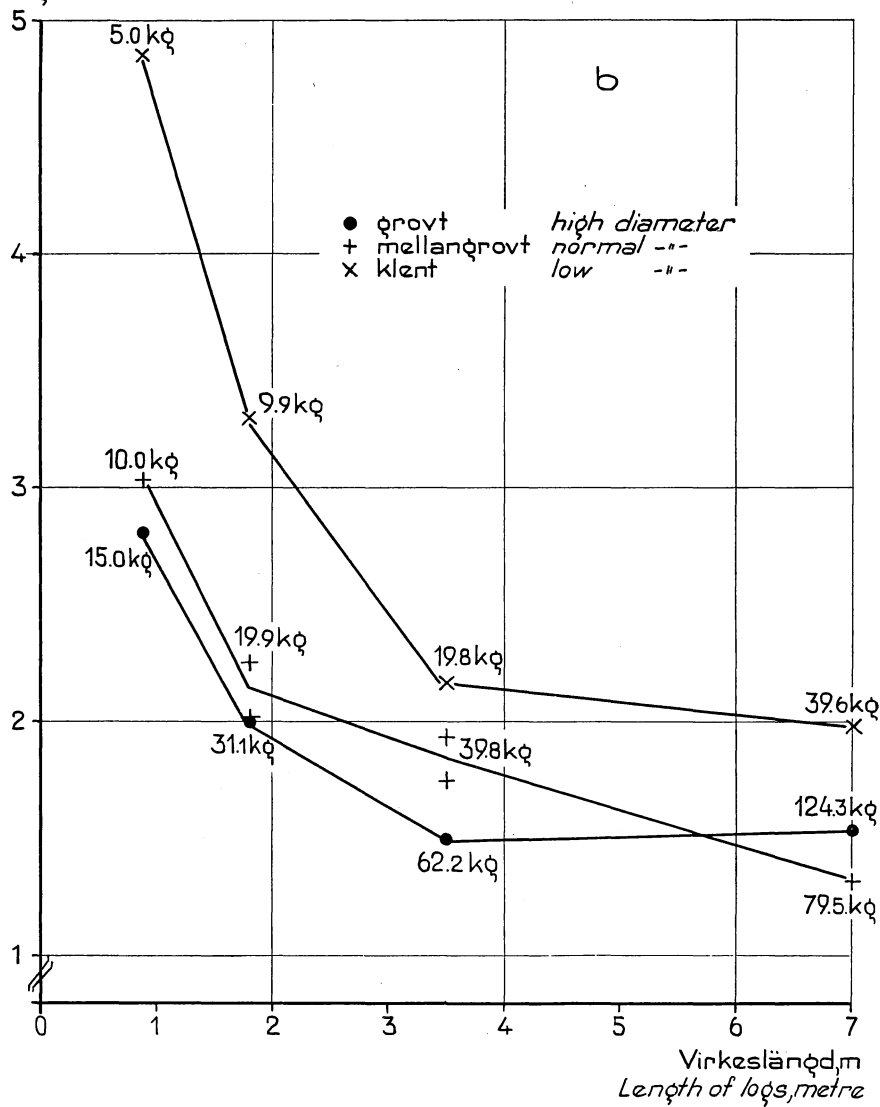


Fig. 10 b.

**Tabell 10. Syreförbrukning per horisontell kgm i relativa tal för dragning av samma virke i 7,0, 3,5, 1,75 och 0,875 m längder, utlagt i en kvadrant.**

Virkets grovlek	Försöksperson	Virkets längd i meter			
		7	3,5	1,75	0,875
Klent ca 10 cm	Medelvikt per virkesbit, kg	39,6	19,8	9,9	5,0
	MK	100	123	176	270
	GN	100	109	165	243
Medel ca 13 cm	Medelvikt per virkesbit, kg	79,9	40,0	20,0	10,0
	MK	100	151	167	246
	GN	100	131	171	229
Grovt ca 17 cm	Medelvikt per virkesbit, kg	124,3	62,3	31,2	15,6
	MK	100	102	135	207
	GN	100	97	128	182

Förutom tidsåtgång och fysiologisk verkningsgrad, vilka här ovan behandlats, är det av intresse att studera, vilken syreupptagningsintensitet försökspersonerna kom upp till. En sammanställning häröver har gjorts i fig. 15, sid. 38, vari syreupptagningen i liter per minut angivits i relation till bitvikten. Det framgår av diagrammet, att ett visst samband kan spåras mellan dessa båda variabler. Vid bitvikter under 50 kg finner man sålunda, att syreupptagningen varierar mellan 2 och 3 l/min, medan den vid högre bitvikter huvudsakligen håller sig omkring 3 l/min. Emellertid är spridningen stor, vilket dels torde sammanhånga med att försökspersonerna arbetade i självvald arbetstakt och dels kan bero på att förutom bitvikten även virkets längd och diameter varierade.

I fig. 11 har resultaten av hopdragningsstudierna åskådliggjorts i form av sambandet mellan presterat dragningsarbete, uttryckt i horisontella kilogrammeter per minut och medelvikten av virkesbitarna i respektive försök. På liknande sätt har i fig. 12 syreförbrukningen per horisontell kilogrammeter inlagts vid olika medelvikter hos de dragna bitarna. Härav framgår att det dominerande inflytandet utövas av virkesbitarnas medelvikt, medan längden, förutsatt att bitarnas medelvikt är densamma, har mindre inflytande. Det bör härvid dock observeras, att stockarna ej svängts utan endast dragits i samma riktning som sin längdaxel.

Vidare framgår det tidigare påtalade förhållandet att det synes finnas en optimalvikt, som ger såväl lägsta tid- som energiförbrukning, att effekten sjunker snabbt när medelbitvikten understiger ca 50 kg men sjunker mycket långsamt på den tyngre sidan av optimalvikten. Stockar tyngre än ca 140 kg ha dock ej studerats.

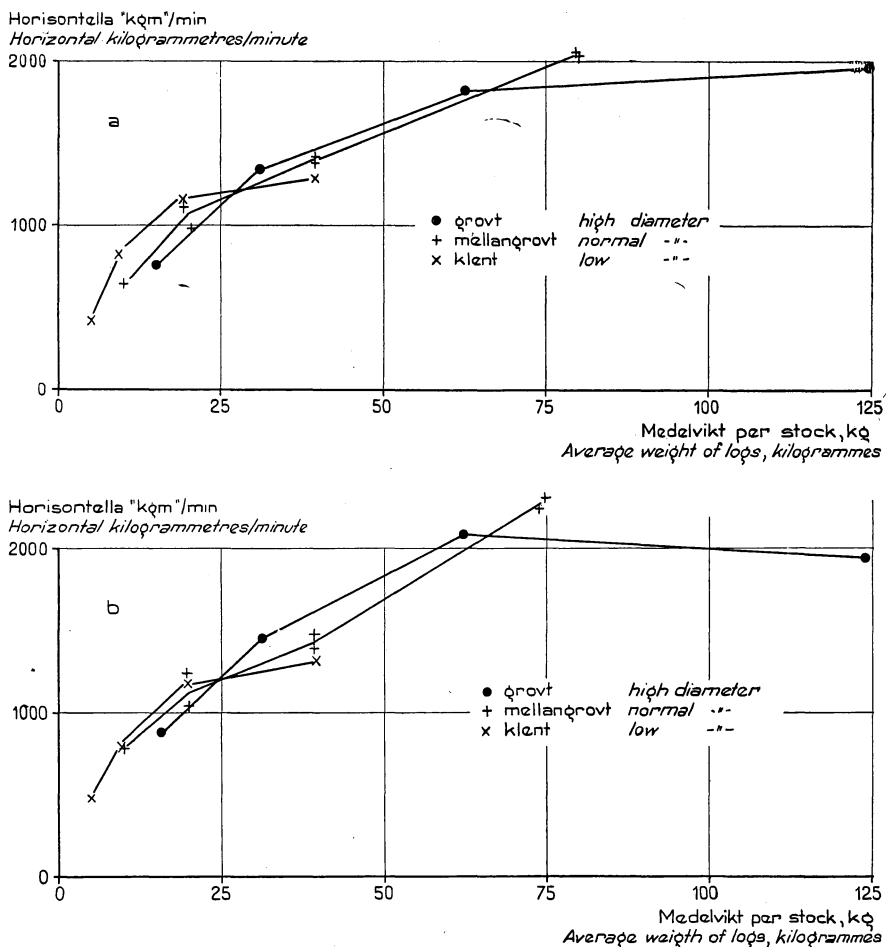


Fig. 11. Prestation vid dragning av stockar med olika vikt. För varje grovlebsklass har virket successivt kapats på mitten. Det inprickade värdet för den tyngsta stocken i varje grovlebsklass representerar virkeslängden 7 m, den näst tyngsta 3,5 m osv. a) fp M.K. b) fp G.N.

Output at manual dragging of logs with different weights. The logs were successively cross-cut in the middle of the logs. The plotted results represent therefore log lengths of 7 metres, 3,5 metres, 1,75 metres and 0,875 metre. a) subject M.K. and b) subject G.N.

De utförda försöken ha vidare sammanställts i fig. 13, som utnyttjats för kalkyler, redovisade i kap. IV. Av fig. 13, i vilken värdena för de båda försökspersonerna sammanslagits och kurvorna utjämnats, framgår, att den optimala bitvikten vid dragning synes vara högre ju längre virket är. Vidare framgår, att optimalvikten är lägre ur energisynpunkt än ur tidssynpunkt för en och samma virkeslängd. — Det bör observeras att bitvikterna för virket, när det gäller 7 m längden är ett medeltal av bitar med mycket liten vikts-

Syreförbrukning, ml/kgm  
 Oxygen intake cu.centimetres  
 per kilogrammetres

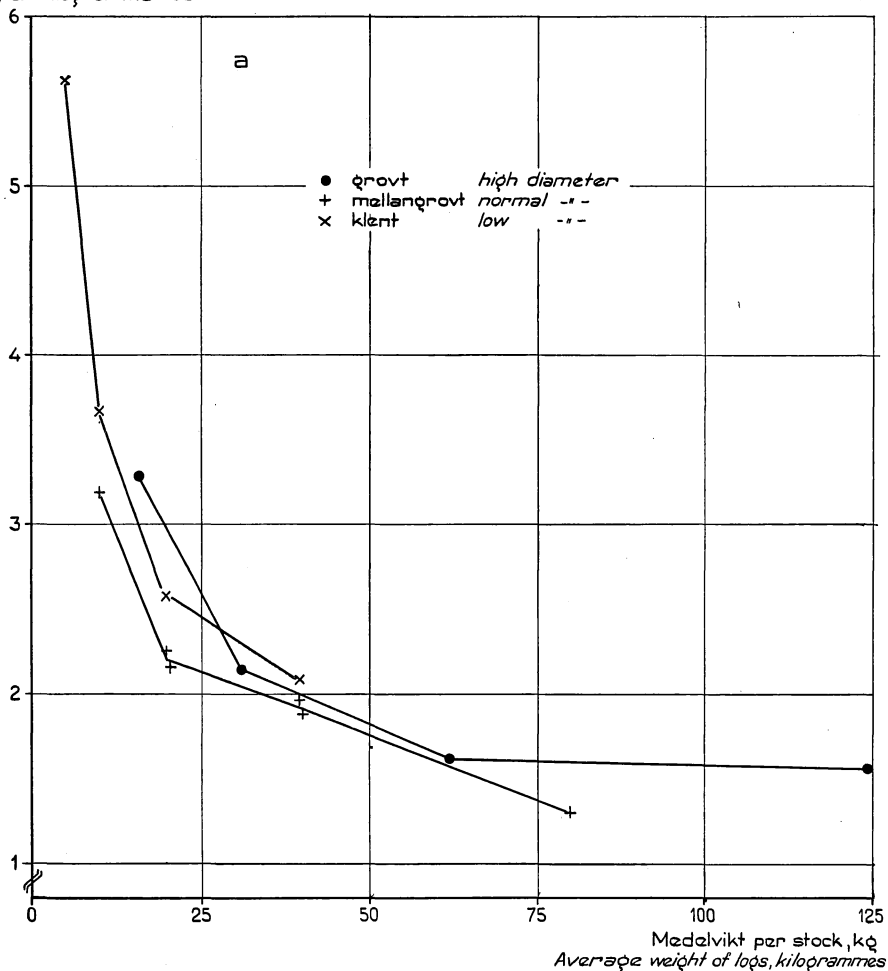


Fig. 12. Syreförbrukning vid dragning av stockar med olika vikt. Se även text till föregående fig. a) försöksperson M.K. (sid. 31) och b) försöksperson G.N. (sid. 32).  
 Oxygen intake at manual dragging of logs of different weights. See also text of preceding figure.  
 a) subject M.K. (p. 31) and b) subject G.N. (p. 32).

variation. Efterhand som dessa bitar kapas upp kommer medelbitvikten att bestå av bitar med allt större skillnader mellan de olika enskilda bitarnas vikt. Kurvan för exempelvis virke av 0,9 m längd gäller därför en population av bitar med avsevärt skiftande bitvikt. De här redovisade resultaten böra därför jämföras med under punkt 6 sid. 39 redovisade försök, för att en fullständig översikt skall erhållas.

Syreförbrukning, ml / kg m  
 Oxygen intake cu. centimetres  
 per kilogrammetres

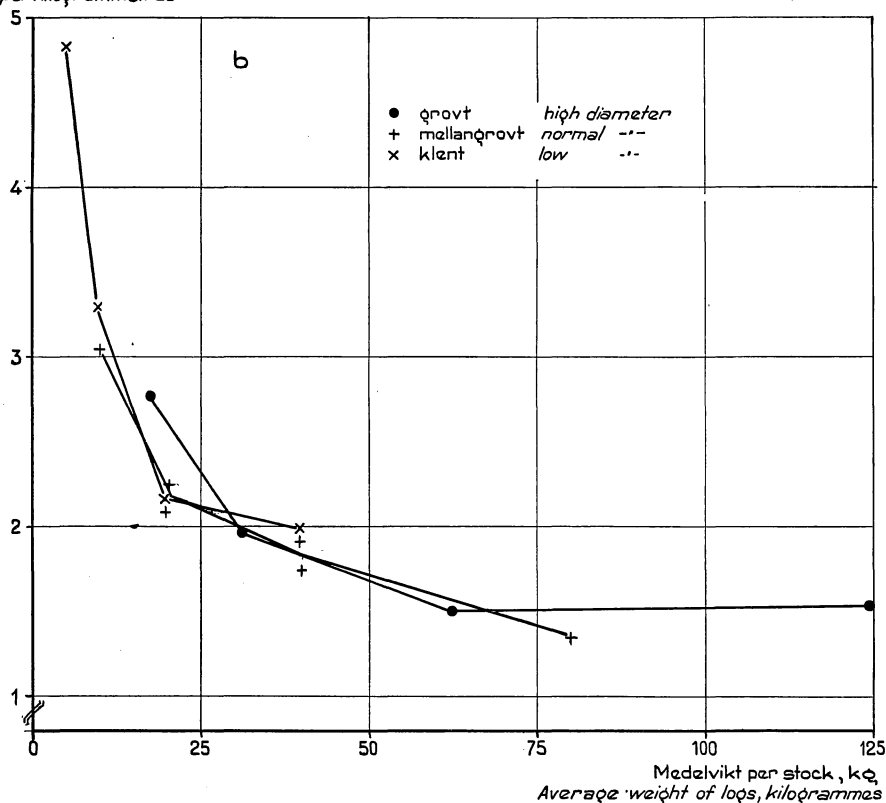


Fig. 12 b.

På sid. 17 punkt 1 har redogjorts för de mätningar som gjorts över gång vid olika hastighet på försöksfältet i Edsbro, där även dragningsförsöken utfördes. Genom dessa mätningar har det varit möjligt att i dragningsförsöken dra ifrån den syreförbrukning som erfordrats för försökspersonen att förflytta sig själv i samband med dragningen av virket och vid återgången för att hämta en ny bit. Härvid erhålles den syreförbrukning som gick åt för det egentliga virkes-transportarbetet. Resultaten härav framgå av fig. 14. Det bör tilläggas, att i samtliga dessa försök ingår även försökspersonens gripande och släppande av virkesbitarna.

Den övre av kurvorna anger försökspersonens bruttosyreförbrukning per uträttad arbetsenhet (horisontell kilogrammeter) medan den undre kurvan anger den extra syreförbrukning som uppstått genom dragning av virkesbitar av olika vikter. Kurvorna ha naturligt nog ett likartat förlopp. Brutto-



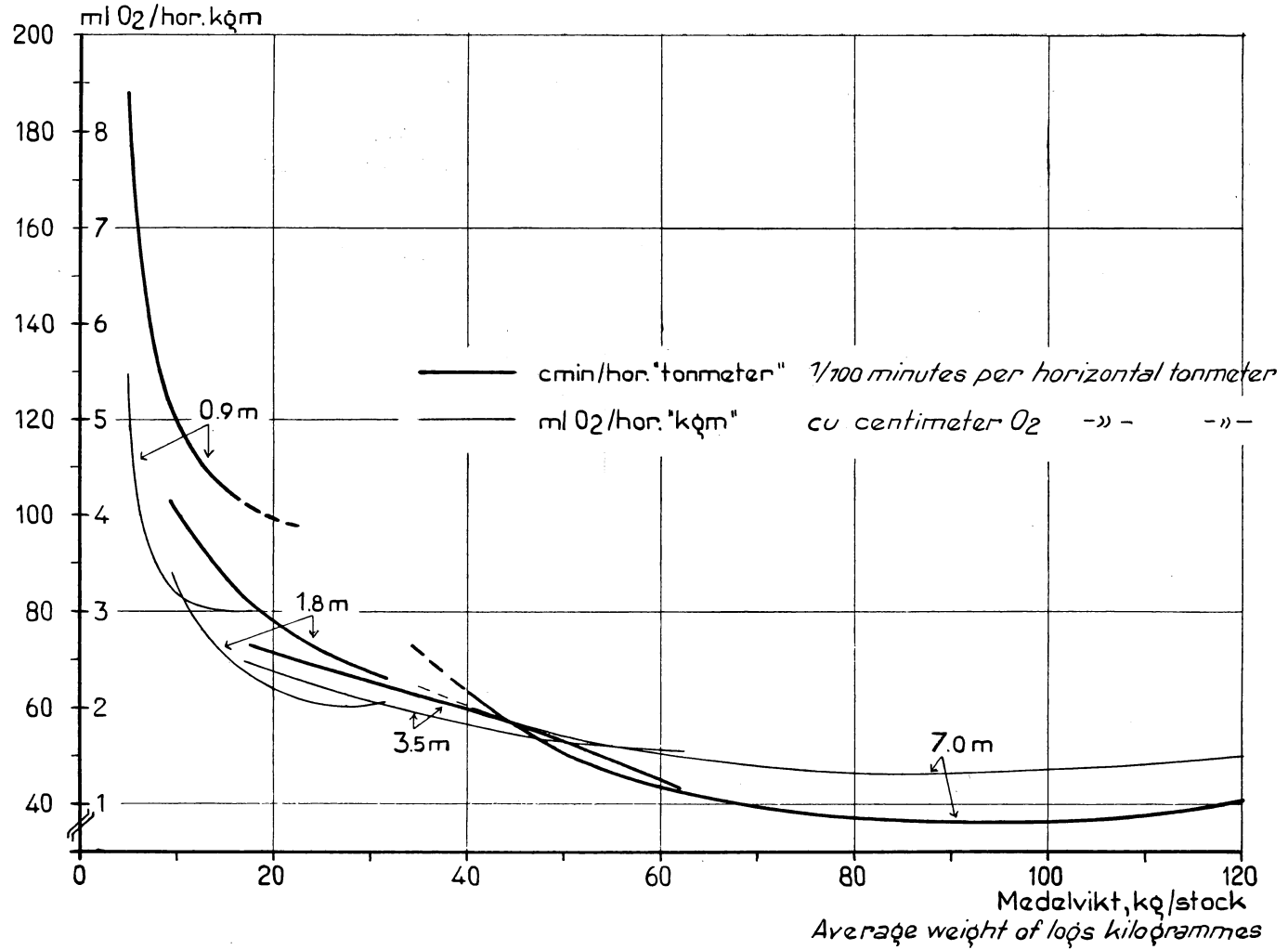


Fig. 13. Tidsåtgång och syreförbrukning per arbetsenhet vid manuell dragning enligt resultat av »kvadrantförsöken» med successivt uppkapat virke. Medeltal för de två försökspersonerna.

Time consumption and oxygen intake per work unit at manual dragging of successively cross-cut logs. Average of the two subjects.

Syreupptagning, ml/hor.kgm, *Oxygen intake, ml/hor.kgm*

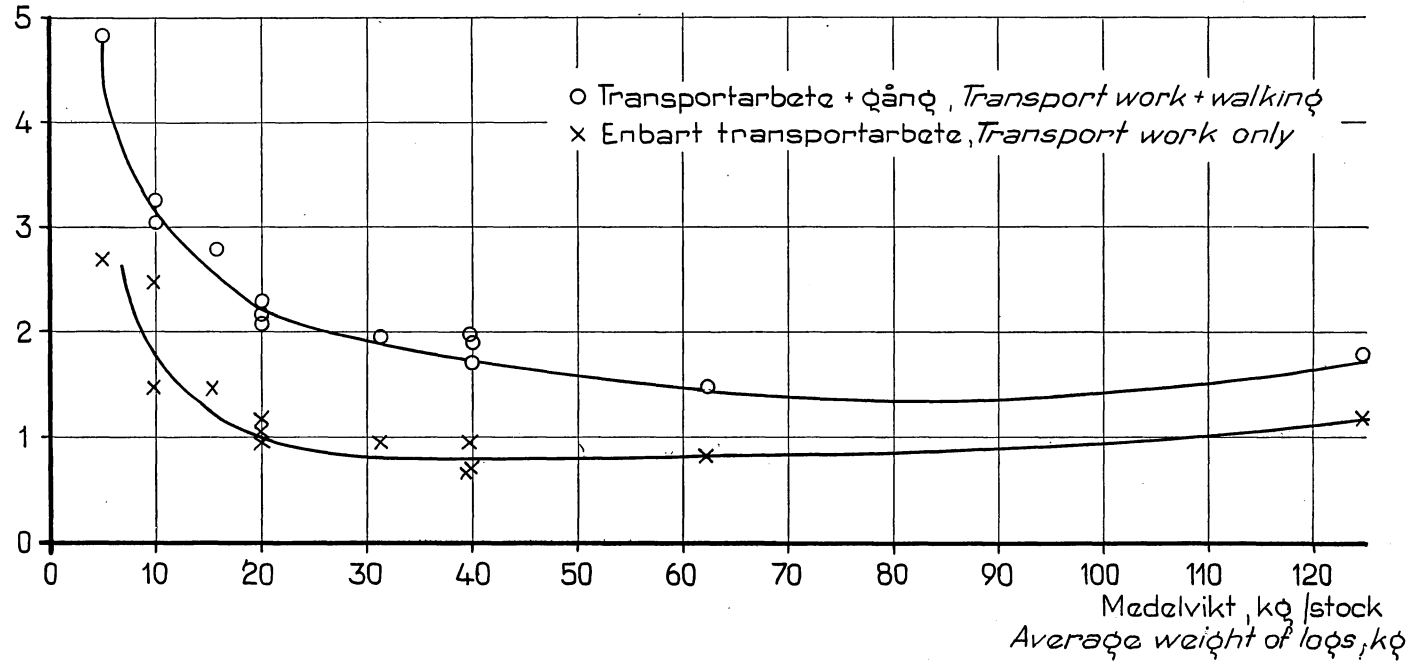


Fig. 14. Brutto — och nettosyreförbrukning per arbetsenhet vid manuell dragning av virke.

Gross and net oxygen intake per work unit at manual dragging of logs.

syreförbrukningskurvan har en antydning till optimipunkt vid ca 80 kg, medan nettosyreförbrukningskurvan har ett mycket flackt förlopp mellan 35 och 90 kg.

I ett efterföljande avsnitt redovisas de mätningar över det mekaniska motstånd som uppstår vid dragning genom friktion mellan virket och marken. Som framgår härav synes den kombinerade lyft- och dragkraft, som utövats vid dragning av virkesbitar, ha uppgått till ca 70 % av stockvikten. Härav är mindre än hälften friktion mellan marken och den stockända, som glider mot marken under dragningen. Övervinnandet av denna friktion är det rent mekaniska arbete som utträttats. Man kan med ledning härav göra en beräkning över den verkningsgrad, som försökspersonen arbetade med vid dragningsförsöken. Beräkningen kan utföras för olika bitvikter.

Verkningsgraden kan beräknas på olika sätt. Den av försökspersonen utvecklade energin kan uppdelas på:

- a) bruttoenergiförbrukningen    = försökspersonens totala energiförbrukning ( $E$ )
- b) nettoenergiförbrukningen    = försökspersonens totala energiförbrukning minskad med energiförbrukningen i vila ( $E_0$ ), varvid  $E_N = E - E_0$
- c) nettonettoenergiförbrukningen = försökspersonens totala energiförbrukning minskad med energiförbrukningen i vila ( $E_0$ ) och tillskottet i energiförbrukning för utförande av arbetet i tomgång ( $E_1$ ), varvid  $E_{NN} = E - E_0 - E_1$

Verkningsgraden ( $\eta$ ) i procent för utförande av ett visst arbete ( $T$  kgm), erhålles i de olika fallen ur följande formler:

$$\eta_{Br} = \frac{T \cdot 100}{E \cdot 427}$$

$$\eta_N = \frac{T \cdot 100}{(E - E_0) \cdot 427}$$

$$\eta_{NN} = \frac{T \cdot 100}{(E - E_0 - E_1) \cdot 427}$$

Beräkningen av arbetet ( $T$  kpm) har utförts så att den del av stockvikten som enligt fig. 18 sid. 44 utgöres av friktion mot marken först beräknats. Vid dragning i stockens lillända utgör den för 5 m obarkat virke och 10 och 15 kg stockvikt 30 % av stockvikten och för 60 kg stockvikt 27 %. 30 respektive 27 % av det uträttade horisontella transportarbetet är sålunda verkligt mekaniskt arbete. (En liters syreförbrukning motsvarar en energiutveckling i

**Tabell 10 A. Beräkning av mekanisk verkningsgrad vid dragning av virke (inklusive återgång utan börda) på försöksfältet i Edsbro.**

Estimate of mechanical efficiency of dragging.

Virke Log		Metod Method	Verkningsgrad, % Efficiency		
Stockvikt Log weight	Barkning Barking	Fattning Grasping	$\eta_{Br}$	$\eta_N$	$\eta_{NN}$
10 kg	Obarkat Unbarked	I toppen In top	4,7	5,6	8,4
15 »	»	»	6,0	—	11,8
60 »	»	»	8,7	9,7	17,5

kroppen av  $4,85 \cdot 10^3$  kalorier. 1 kalori = 427 kgm.) Som exemplifiering av förfaringssättet väljes en 60 kg obarkad stock, för vilken följande värden erhållas:

$$T = 0,27 \times \text{transportarbetet}$$

$$E_{NN} = 0,75 \text{ ml.O}_2/\text{hor.kgm. (enligt under kurvan fig. 14)}$$

varvid

$$\eta_{NN} = \frac{0,27 \times 1 \times 100}{0,75 \times 4,85 \times 427 \times 10^{-3}} = 17,5 \%$$

Beräkningen av nettoenergiförbrukningen har ej kunnat utföras på detta sätt. Enligt fig. 11 är prestationen vid dragning av en 10 och en 60 kg stock 800 respektive 2 000 horisontella kgm per minut och syreförbrukningen ( $E$ ) enligt fig. 15 ca 3,0 respektive 2,4 l O<sub>2</sub> per minut. Syreförbrukningen i vila ( $E_0$ ) har satts till 0,3 l O<sub>2</sub> per minut varvid sålunda

$$\text{för stockvikten 10 kg } \eta_N = \frac{800 \times 0,30}{(2,4 - 0,3) \times 4,85 \times 427 \times 10^{-3}} = 5,6 \% \text{ och}$$

$$\text{för stockvikten 60 kg } \eta_N = \frac{2\,000 \times 0,27}{(3,0 - 0,3) \times 4,85 \times 427 \times 10^{-3}} = 9,7 \%$$

De på ovan angivet sätt beräknade verkningsgraderna är givetvis endast ungefärliga, bl. a. beroende på att den använda metoden för mätning av friktionen lämnar endast approximativa värden. Det bör vidare observeras, att försökspersonens fattande och nedläggande av stocken ingår i försöken samt att man vid beräkningen av det utförda mekaniska arbetet ej kunnat ta hänsyn till de små förflyttningar av bördan i vertikal led, som sker för varje steg, liksom ej heller till de arbetstillskott, som sammanhänger med hastighetsförändringar hos bördan. Beräkningarna ha lämnat följande resultat. (Tab. 10 A.)

Talrika angivelser av verkningsgraden i olika arbeten finnes i litteraturen. (Se exempelvis LEHMANN, 1953.)

### 5. Syreupptagningsintensiteten vid dragning av virke med olika bitvikter

I fig. 15 har för alla de utförda dragningsstudierna å försökspersonerna MK och GN syreförbrukningen i liter per minut satts i relation till medelbitvikten hos virket. I samtliga dessa fall valde försökspersonerna själva sin arbetstakt, ehuru de upplysts om att en normal sådan var önskvärd.

För såväl MK som GN stiger syreupptagningen i genomsnitt med ökande medelvikt per bit. Genom uträkning av lineära regressioner finner man att stigningen i bägge fallen är signifikant. Någon signifikant skillnad mellan de två försökspersonerna finns inte.

De uträknade regressionerna är ( $y$  = syreupptagning i L/min;  $x$  = medelvikt kg per bit):

MK	$y = 2,40 + 0,0081 x$	$(0,0081 \pm 0,0024)$
GN	$y = 2,42 + 0,0063 x$	$(0,0063 \pm 0,0016)$

*Belastningsnivå:* Det framgår, att syreupptagningen hos båda försökspersonerna i nästan alla fall varierade mellan 2 och 3 l/min. Denna nivå motsvarar grupperna »mycket hög» och »extremt hög» belastning enligt CHRISTENSEN (1953) schema för arbetsgradering.

Vid diskussion av belastningsnivån måste hänsyn tagas till, att det i de här utförda studierna gällde modellförsök med relativt långa sammanhängande arbetstider (ca 6—10 minuter). Motiven för den långa arbetstiden var som tidigare nämnts, att man ville erhålla sådana data för syreupptagningen, som tillåter beräkning av arbetets energikrav, främst av den anledningen att man önskade utföra jämförelser av den energetiska arbetsekonomin vid olika arbetsalternativ. Resultaten tillåter sålunda det påståendet, att det momentana energibehovet i musklerna vid detta slag av arbete ligger på den nyss angivna nivån, i varje fall under någorlunda aeroba förhållanden.

En annan fråga, som jämte den energetiska arbetsekonomin är av stor betydelse i praktiken, är vilken momentan belastning på syretransportorganen (andning och blodomlopp), som den energetiska belastningen leder till. Denna fråga kan inte bedömas med hjälp av de utförda modellstudierna. Man kan emellertid tämligen säkert antaga, att det vid det praktiska arbetet ofta rör sig om tämligen korta perioder av tungt arbete, med mellanliggande perioder av lättare aktivitet samt korta pauser för planering etc. Under sådana förhållanden hinner belastningen på hjärta etc. aldrig upp på en nivå, som svarar mot den energetiska arbetstyngden. Detta har i laboratorieförsök studerats av CHRISTENSEN (1956), varvid iakttagelser gjordes, som senare befunnits ha praktisk tillämpning vid flera tyngre yrkesarbeten, bl. a. stuveriarbetare (JOHNSON, LUNDGREN och BYSTEDT 1957), distributionsarbete vid bryggerier (LUNDGREN, BRUNDELL, HANSSON och LINDHOLM 1958), samt arbete med barkningsmaskiner (SUNDBERG och LUNDGREN 1958).

Syreupptagning, l/min ; *Oxygen intake, litres/minute*

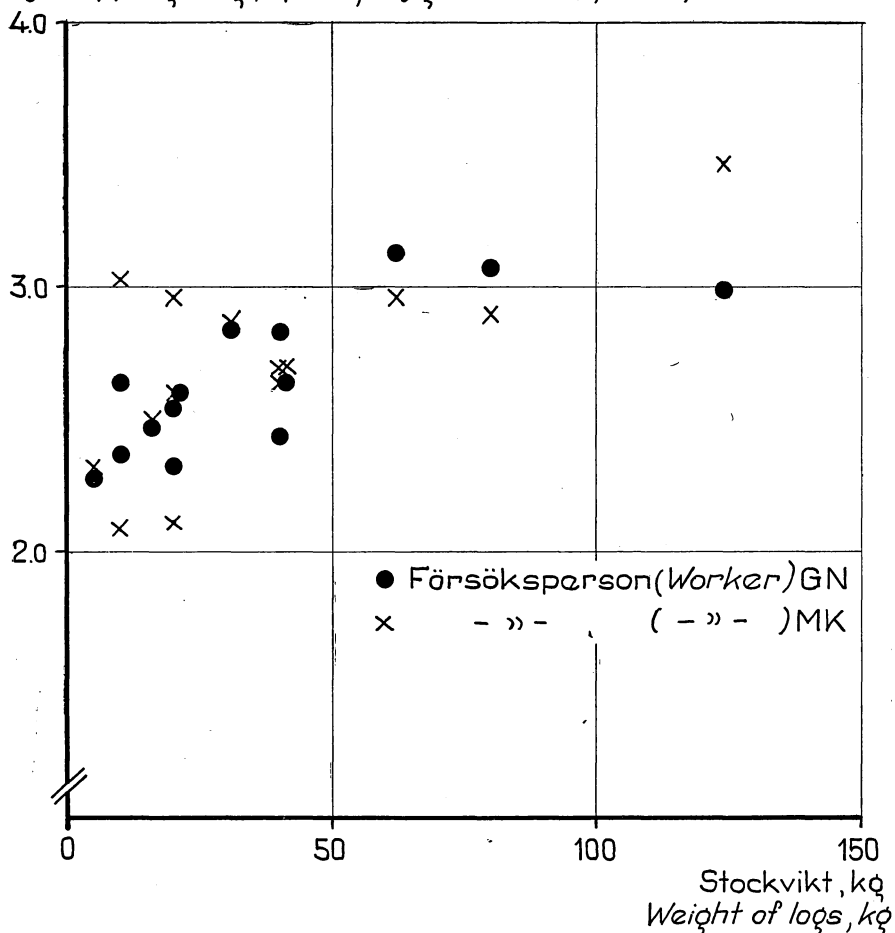


Fig. 15. Syreupptagning i liter per min vid dragning av virke med olika vikt.  
Oxygen intake, litres per minute, at manual dragging of logs of different weights.

Även om man sålunda kan anta, att belastningen på blodomlopp och andning i det praktiska hanteringsarbetet vanligen blir något lägre än vad som svarar mot den energetiska belastningen, är detta en fråga, som bl. a. är beroende av arbetsorganisationen. Denna påverkar i praktiken självfallet möjligheterna till en gynnsam arbetsuppdelning av nyssnämnda typ. Det vore därför av intresse att komplettera de här utförda modellstudierna med en serie undersökningar av praktiskt arbete med olika alternativ beträffande arbetets organisation. En första sådan undersökning har 1959 även utförts av J. E. HANSSON, SFI, i samarbete med SDA varvid gruppvis fällning och upp-arbetning av träd jämförts med trädvis sådan (opublicerad rapport). Visst

material i denna fråga finns redan tidigare i Sverige, nämligen i form av skogliga transportstudier vid Värmlands Skogsarbetsstudier (LUNDGREN, LUTHMAN och NYLIN, opublicerad rapport 1951) och vid Statens Skogsforskningsinstituts avdelning för arbetslära (AGER 1958). Dessa studier bestyrker, att hjärtbelastningen vid ett och samma arbetsmoment under normalt arbete visar en stor variation, vilket säkerligen delvis har sin förklaring i variationer i arbetsmomentets tidslängd.

*Arbetsbelastning och bitvikt:* Av fig. 15 framgår, att flertalet studerade bitvikter låg under 50 kg och att det upp till ungefär denna gräns i varje fall hos försökspersonen GN råder ett visst samband mellan bitvikter och syreupptagningsintensitet. Vid bitvikter över 50 kg ligger syreupptagningen hos båda personerna i närheten av 3 l/min. Ingen närmare analys har gjorts av varför denna nivå bildar den ungefärliga övre gränsen. Man har emellertid viss anledning att förmoda, att det här rör sig om en spontan inställning på en intensitet, som ligger i närheten av optimum för den energetiska arbetsekonomin. Ett överskridande av gränsen kan med tämligen stor säkerhet förväntas att dels resultera i påtaglig försämring av kroppens verkningsgrad genom ökad anaerob andel i arbetet (jfr CHRISTENSEN och HÖGBERG 1950) och dels också leda till snabb utmattning genom de höga kraven på cirkulationsapparaten m. m.

Det kan även tilläggas att vid hopdragning av virke i skogen under praktiska arbetsförhållanden, arbetaren genomgående strävar efter att göra dragningssträckorna för det grövre virket så korta som möjligt genom riktad fällning, förläggning av stickvägar så att de passera nära det grova virket etc. Ävenså vidtager ofta arbetaren speciella arrangemang vid manuell förflyttning av tungt virke, så att virket exempelvis kan rullas i stället för att dragas.

## 6. Jämförelse med andra undersökningar

I detta sammanhang kan det även vara lämpligt jämföra prestationerna vid dessa standardiserade försök med vid normalt arbete erhållna och genom utförda tidsstudier konstaterade prestationer. Ungefärliga uppgifter om prestationer vid praktiskt dragningsarbete har lämnats i en tidigare rapport (SUNDBERG 1953). Dessa jämföras med prestationer i de standardiserade försöken nedan (Tab. 10 B), varjämte resultaten från några mätningar under snöförhållanden redovisas.

Det framgår, att tidsåtgången i de standardiserade försöken är avsevärt mycket lägre än under praktiskt arbete under normala förhållanden, en sak som givetvis har sin grund i att arbetsbetingelserna i de standardiserade försöken varit gynnsamma. Den högre tidsåtgången vid normalt arbete kan således orsakas av en mångfald förhållanden, av vilka här endast några skall beröras. I de standardiserade försöken har ingen vändning av virket före-

**Tabell 10 B. Jämförelse av tidsåtgång vid dragning av virkesbitar av olika vikt i de standardiserade försöken i Edsbro (barmark) med tidigare publicerade resultat från tidsstudier av dragning i normalt arbete.**

Förhållande	Tidsåtgång i min. per hor. tonm. vid en medelbitvikt av cirka		
	30 kg	60 kg	90 kg
Enligt standardiserade försök: obarkat virke, barmark, torr gräsvall.....	0,70	0,45	0,35
Enligt tidsstudier å normalt arbete: barmark, helbarkat virke.....	1,6	1,0	0,9
4—6 dm snö, helbarkat virke.....	2,0	1,2	1,0
obarkat virke <sup>1</sup> .....	2,3	1,5	1,3

<sup>1</sup> Vid beräkningen av arbetet i tonm. har barkens vikt ej medtagits.

kommit, terräng och markförhållanden har varit de för barmark gynnsammaste, ingen rekognoscering eller planläggning av arbetet har krävts samt slutligen har det standardiserade arbetet utförts utan spilltider och med en energetisk belastning, som i varje fall under barmarksförhållanden torde överstiga den i praktiskt arbete förekommande.

I samband med vissa andra undersökningar gjordes under vinterförhållanden i januari—februari 1956 vissa standardiserade dragningsförsök i mycket djup snö. Försökspersonen drog stockar med begynnelsevikten omkring 60 kg och virkeslängden 22 fot en sträcka av 10 m i ett orört löst snötäcke av 90—100 cm djup på plan mark. Stockarna kapades sedan på mitten tre gånger och försöken upprepades mellan varje kapning. De härvid erhållna resultaten redovisas i nedanstående tabell 10 c.

Vid en jämförelse med de i exempelvis fig. 14 och tabell 10 B lämnade uppgifterna framgår den hindrande inverkan ett djupt snötäcke har på dragningsarbetet. Tids- och energiåtgången i de standardiserade försöken på barmark och i 90—100 cm snödjup torde representera yttervärden inom vilkas gränser dragningsarbete under praktiska arbetsförhållanden ligger. Avsikten är att

**Tabell 10 C. Resultat av standardiserade försök över dragning av stockar med begynnelsevikten ca 60 kg i ett snötäcke av 90—100 cm lös snö en sträcka av 10 m. Återgång för hämtning av stock ingår. Vinliden 1956.**

Dragging of logs 10 metres in deep snow (90—100 centimeters).

Ungefärlig stockvikt Log weight kg	Virkeslängd Length m	Antal försök Number of test	Syreförbrukning Oxygen intake ml O <sub>2</sub> per hor. kgm	Tidsåtgång Time consumption min per hor. tonm
ca 60	ca 7,3	4	5,25 ± 0,82	1,89 ± 0,25
ca 30	ca 3,6	4	7,38 ± 1,55	2,66 ± 0,60
ca 15	ca 1,8	4	10,25 ± 0,36	3,61 ± 0,20
ca 7,5	ca 0,9	4	13,02 ± 1,58	4,68 ± 0,44



framdeles fortsätta dessa studier under varierande yttre betingelser och i normalt arbete. Två sådana undersökningar har redan genomförts och redovisats (AGER, 1958) och (LUNDGREN och SUNDBERG, 1958). — I samband med dessa vinterstudier gjordes även jämförelser, som visade den nytta man kan ha av att i djup snö använda snöskor. Då dessa undersökningar redovisats i en särskild rapport (HANSSON, 1958) refereras de ej här.

### 7. Kontrollerande tidsstudier över dragningsarbete

Som tidigare framhållits talar de fysiologiska mätningarna för att det finnes en optimal bitvikt vid dragningsarbete. Vid lägre vikter avtar effekt och fysiologisk verkningsgrad tydligt, medan förändringarna vid högre vikter är mindre markerade. För att erhålla mera material i detta avseende utlades vid Edsbroundersökningarna ytterligare ett försök, i vilket endast tidtagning av dragningsarbetet utfördes. Det disponerades på följande sätt: Av var och en av virkeslängderna 1, 2, 3, 5 och 7 m utvaldes fem obarkade stockar av olika vikt från ca 10 kg till 150 kg. Av längderna 5 och 7 m uttogs på samma sätt jämväl fem helbarkade stockar. De sålunda utvalda 35 stockarna placerades med sin tyngdpunkt på periferien av en halvcirkel med 10 m radie, varvid stockarnas inbördes plats bestämdes genom lottning. Försökspersonen drog under tidtagning dessa bitar en och en så att tyngdpunkten kom fram till cirkelns mittpunkt. Stockarna buros sedan omedelbart tillbaka av medhjälpare till sitt utgångsläge, varvid de samtidigt ändvändes. Sedan försökspersonen gått »ett varv» och dragit samtliga bitar fortsatte han att utföra samma dragningsarbete men med bitarna i motsatt ordning och med andra stockändan före. Varje stock drogs alltså av försökspersonen en gång med fattning i grovändan och en gång med fattning i lilländan. Försöket upprepades med två personer.

Tidtagning gjordes för »dragning» och »återgång inkl. fattning av stock». I fig. 16 ha resultaten av dessa försök lagts upp grafiskt med prestationen i horisontella kilogrammeter per effektiv dragningsminut (således exklusive tid för återgång och fattning). Diagrammet bestyrker att en optimumvikt finnes, enligt dessa försök vid en bitvikt av 60—100 kg. Optimalpunkten synes ligga vid något högre bitvikt ju längre virket är, ett resultat som överensstämmer med de i det föregående redovisade dragningsförsöken med samtidig mätning av energiförbrukningen. — Någon skillnad i dragningstid vid fattning i rot och i topp har ej konstaterats i dessa försök. Ej heller synes det under rådande försöksbetingelser föreligga någon skillnad mellan helbarkat och obarkat virke, förutsatt att bitvikten är densamma. Det helbarkade virket var dock yttorr och väderleken var torr. Hastigheten vid återgången var ävenledes ungefär densamma vid alla »vändor».

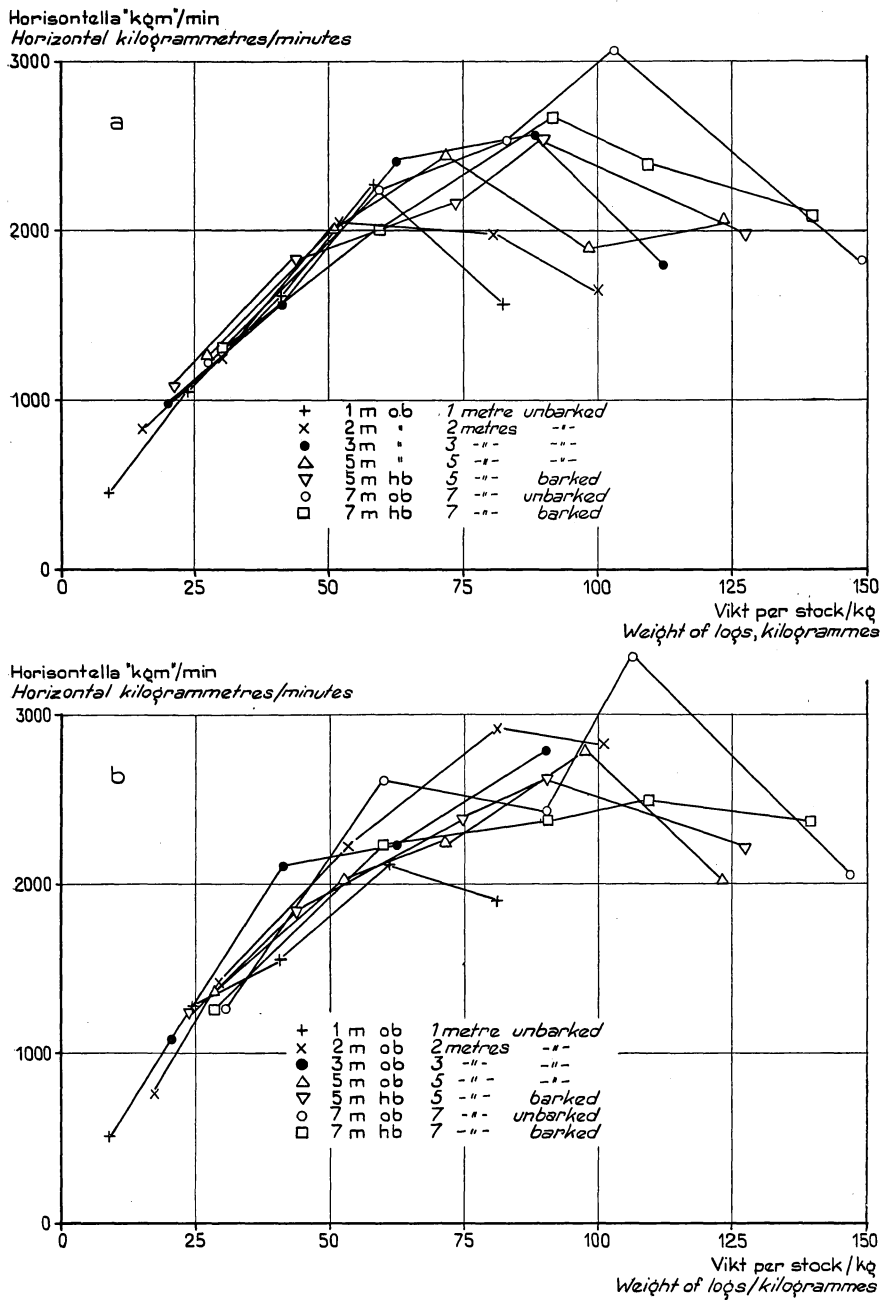


Fig. 16. Prestation vid dragning av fem olika grovlekar av virke med längderna 1 m, 2 m, 3 m, 5 m och 7 m. a) försöksperson M.K. och b) försöksperson G.N.  
Output at manual dragging of logs of different lengths and diameters, a) subject M.K. and b) subject G.N.

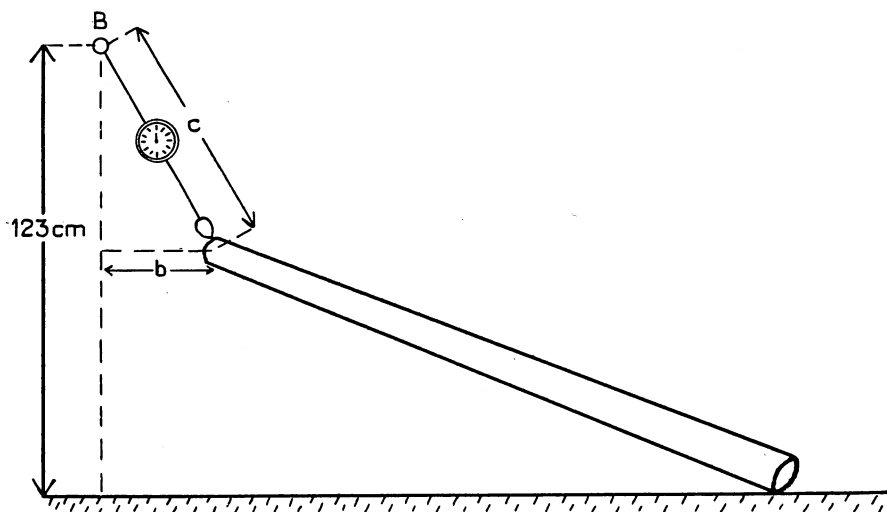




Fig. 17. Skiss av anordning för mätning av erforderlig förflyttningskraft vid dragning av virke.

Sketch of the dynamometer measurements of pull required for dragging of logs.

### 8. Mätningar av erforderlig förflyttningskraft vid dragning av virke

För att erhålla en uppfattning om den förflyttningskraft, som erfordras vid dragning, gjordes på försöksfältet i Edsbro mätningar härav på följande sätt. Försöken utfördes på samma område som flertalet dragningsförsök, dvs en jämn, torr gräsvalld med visset fjolårsgräs. I bakändan på en traktorvagn anbringades en fjäderdynamometer (graderad i halva kilo) med en gripsax på sådan höjd ovan mark att stocken när den anbringades kom att lyftas upp i sin ena ände ungefär lika mycket som vid manuell dragning. Punkten B (se fig. 17) placerades så att den ungefär motsvarade axelhöjd. Vagnen kördes sedan fram över fältet med en hastighet av 2 km/tim. Vid varje enskilt försök gjordes tre körningar, med en avläsning av dynamometern per körning. Genom samtidig uppmätning av avstånden  $b$  och  $c$  (se fig. 17) kunde sedan bestämmas hur stor andel av kraften i dynamometern som var friktion (vågrät riktad kraft) och hur stor andel som var bärning (lodrät riktad kraft). På detta sätt uppmättes den erforderliga kraften för dragning av virkesbitar av olika längd, vikt och barkningsgrad, varjämte mätningar utfördes med saxen, angjord i grov- respektive lilländan av virkesbitarna. Inom en och samma viktsklass drogs en stock av varje virkeslängd obarkad, med saxen i alternativ placering. Därefter barkades en så lång del av stockarnas ändar att virket under dragningen endast låg an med en helbarkad yta mot underlaget och försöket upprepades. Resultaten av dessa mätningar framgår av fig. 18 a och b.

- - - - - Flyttningskraft vid start  
*Pull at start*  
 ——— Flyttningskraft under rörelse  
*Pull in moving*

 Andelen bärning av den totala förflyttningskraften under rörelse.  
*Part of the pull consisting of lifting.*  
 Andelen friktion av den totala förflyttningskraften under rörelse.  
*Part of the pull consisting of friction.*

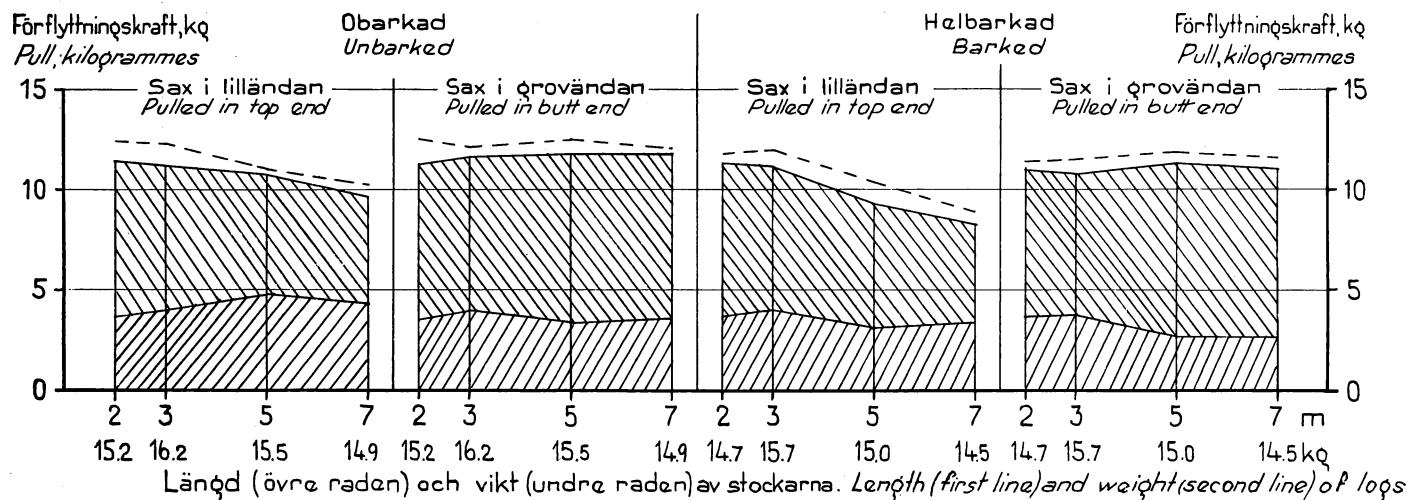


Fig. 18. Sammanställning av mätningar av förflyttningskraften vid dragning av virke. a) klen virke och b) grövre virke.  
 Results of the measurements on the pull required for dragging of logs. a) small logs and b) heavier logs.

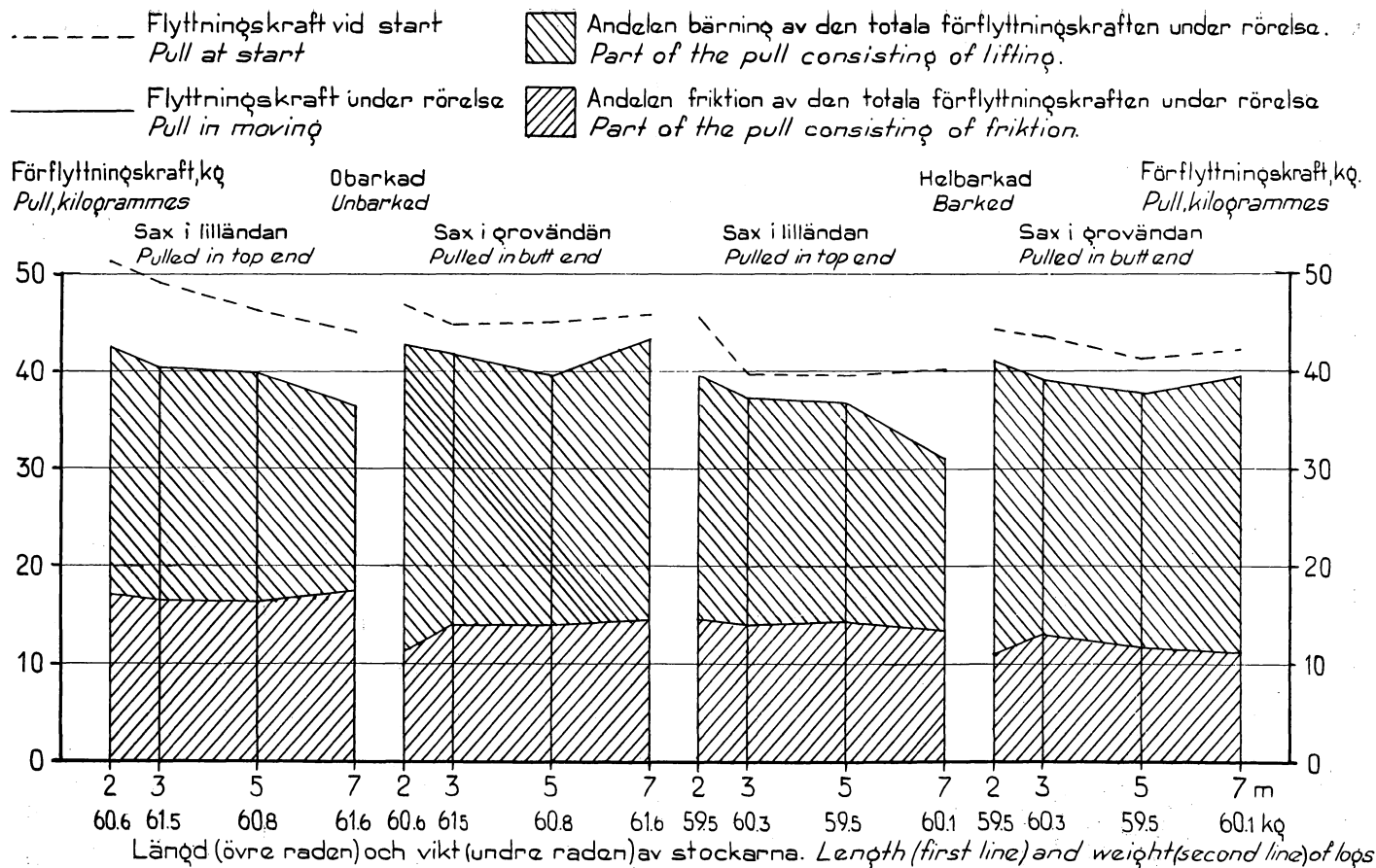


Fig. 18 b.

Då försöken i huvudsak endast hade orienterande karaktär är försöksmateriet av relativt ringa omfattning. I diagrammen kan dock klara tendenser spåras. Sålunda synes den erforderliga förflyttningskraften minska med ökande virkeslängd, för det fall att saxen anbringas i lilländan. När längden ökades från 2 till 7 m sjönk förflyttningskraften 15—30 %. Om saxen däremot applicerades i grovändan hade en ändring av virkeslängden ingen tydlig inverkan på förflyttningskraften.

Jämföres förflyttningskraften vid alternativ placering av saxen är skillnaden obetydlig för det kortaste virket. Med anknytning till det ovan sagda ökar emellertid skillnaden med ökad virkeslängd, varvid förflyttningskraften blir lägre om saxen placeras i lilländan. Med denna placering av saxen blir också andelen friktion av den totala förflyttningskraften större.

Om man på grundval av dessa försöksresultat vill söka sig fram till en lämplig arbetsteknik, med hänsyn tagen endast till rent arbetsfysiologiska synpunkter, blir den sannolika slutsatsen den följande. Vid dragning av virke bör stocken dragas i lilländan. Dels blir den erforderliga förflyttningskraften, åtminstone för längre virke, lägre och dels blir den horisontellt riktade delen, som hela tiden är mindre än den vertikalt riktade delen av förflyttningskraften, större. Det senare medför en bättre arbetsställning. Om bärningen utgör en stor andel av förflyttningskraften kommer stocken nära kroppen, arbetsställningen blir mera upprätt och en stor del av framförallt överkroppens muskler utsätts för en statisk belastning. Minskar andelen bärning och ökar andelen friktion kommer en del av den statiska belastningen att överföras till dynamisk. Stocken kommer längre bort från kroppen, arbetsställningen blir mer framåtlutad och benmuskulerna får uträtta ett större arbete. Dessa slutsatser gäller vid en friktionskoefficient mellan virke och mark av 0,3. Lägre friktion torde ytterligare öka fördelen av att bära så liten del som möjligt, medan högre friktion så småningom torde leda till ett omvänt förhållande.

Förflyttningskraften räknad i procent av den totala stockvikten var för det helbarkade virket 0,0—14,6 % lägre än för det obarkade. Skillnaden ökade med ökad virkeslängd, sannolikt beroende på att den mot marken liggande mantelytan blir större med ökad virkeslängd. För 2 m-virket var skillnaden 0,0—7,7 %, för 7 m 6,8—14,6 %.

Förflyttningskraften vid start var genomgående större än under rörelse och uppvisade i stort samma tendenser vid variation av virkeslängden, saxens placering osv. Skillnaden varierade mellan 2 % och 23 % och var i medeltal 9,8 %.

I tabell 11 visas till slut en sammanställning av den erforderliga förflyttningskraften uttryckt i procent av stockens totalvikt, som erhållits i dessa mätningar.

**Tabell 11. Erforderlig förflyttningskraft uttryckt i % av stockens vikt vid dragning på torr gräsvall (visset gräs) med ena stockändan upplyft.**

Pull in percent of log weight, required for the dragging of logs with one end lifted. Bare ground with dry grass.

Bitvikt kg Weight of log kg	Virkeslängd m Length of log, m	Obarkat Unbarked		Helbarkat Barked	
		Saxen fäst i Tong in			
		lilländan top end	grovändan butt end	lilländan top end	grovändan butt end
59,5—61,6	7	59	70	52	66
	5	65	65	62	63
	3	66	68	62	65
	2	71	71	66	69
37,0	5	66	77	—	—
14,5—16,2	7	64	79	57	76
	5	69	76	61	75
	3	69	72	71	69
	2	74	74	77	75

Försöken möjliggör även en grov beräkning av friktionsmotståndet mellan stockens mot marken glidande ände och underlaget (torr gräsvall). Beräkningarna ger till resultat att friktionskoefficienten var 0,6, innebärande att det utbildas en horisontell friktionskraft, som är 60 % av den tyngd, som stockändan utövar mot marken.

Friktionen mellan en mot marken liggande stock och underlaget har studerats av STEINLIN och ZEHNTNER (1953) som anger följande friktionskoefficienter:

**Tabell 11 A. Friktionskoefficienter för barkade lufttorra granstammar (enligt Steinlin och Zehntner, 1953).**

Friction coefficient according to Steinlin and Zehntner, 1953.

Marktillstånd Ground condition	Markslag Ground	
	lerig-sandig stenfri clay-sand, stonefree	sandig osvallad grus (5 cm ø) unwashed gravel (5 cm ø)
Marken torr, efter längre torrperiod Dry	0,47	0,49
Marken genomdränkt Wet	0,29—0,52	0,39
Marken frusen på ytan Frozen	—	0,30
Marken genomfrusen Frozen	0,23	0,28
Marken betäckt med torr nysnö Dry snow	0,18	0,18

### F. Travning av virke under standardiserade förhållanden

Travning av virke är ett ofta förekommande arbete vid exempelvis lastning och lossning. Omfattande försök utfördes därför över detta typiska manuella hanteringsarbete på sätt, som framgår av följande beskrivning.

Obarkat granvirke i längderna 1, 2, 3, 5 och 7 meter användes. I varje längdklass utvaldes bitar representerande tre diameterklasser, nämligen en klen, en medelgrov och en grov. Bitarna i varje längddiametergrupp utvaldes omsorgsfullt så att minsta möjliga diameter- och därmed viktvariation erhöles.

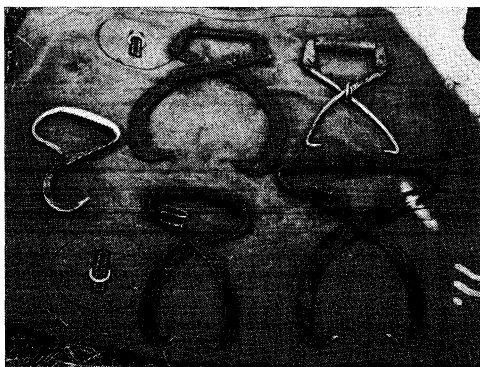


Fig. 19. Redskap använda vid Edsbro-försöken.  
Tools used in the tests.

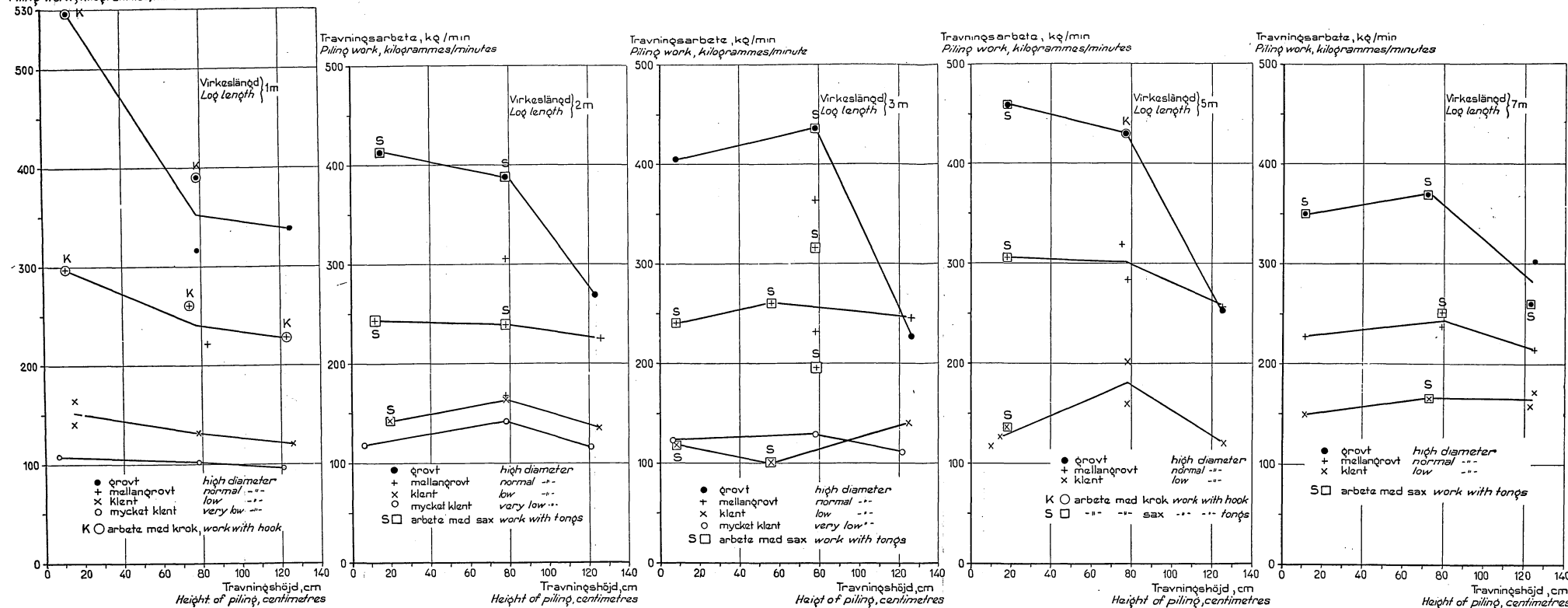
Virket i varje längd-diametergrupp travades (eller lastades) från marken till tre olika höjder, nämligen 10—20 cm, 70—80 cm och 120—130 cm. Samma virke användes om och om igen i det enskilda försöket och bars därvid tillbaka av ett antal medhjälpare, som ordnade bitarna i enkelt lager vid utgångsläget. Det horisontella avståndet från bitens eller medelbördans mittpunkt på marken till motsvarande plats på avläggningsbordet var 1,5 meter.

Vid den mellersta lasthöjden utfördes även försök med den mellersta diameterklassen av varje virkeslängd, där den höjd, på vilken virket greps, hölls vid den ungefärliga nivå, där detta kunde ske utan att försökspersonen behövde böja sig, dvs vid ca 75 cm höjd.

Endast en arbetare studerades i travningsarbete, nämligen försökspersonen M. K. Han fick fritt välja det antal bitar han ansåg lämpligt i varje börda. Det visade sig dock, att flera bitar åt gången förekom endast vid arbete med det klenaste virket. Han fick dessutom fritt välja, om han ville arbeta enbart med händerna eller använda massavedssax eller lyftkrokar. Dessa, som var av konventionella typer, framgår av fig. 19. Stickprovsviis gjordes emellertid även vissa jämförelser med variation av antalet bitar per börda vid lätt



Travningsarbete, kg/min  
Piling work, kilogrammes/minutes



Syreförbrukning, ml/kg  
Oxygen intake, cu centimetres per kilogram

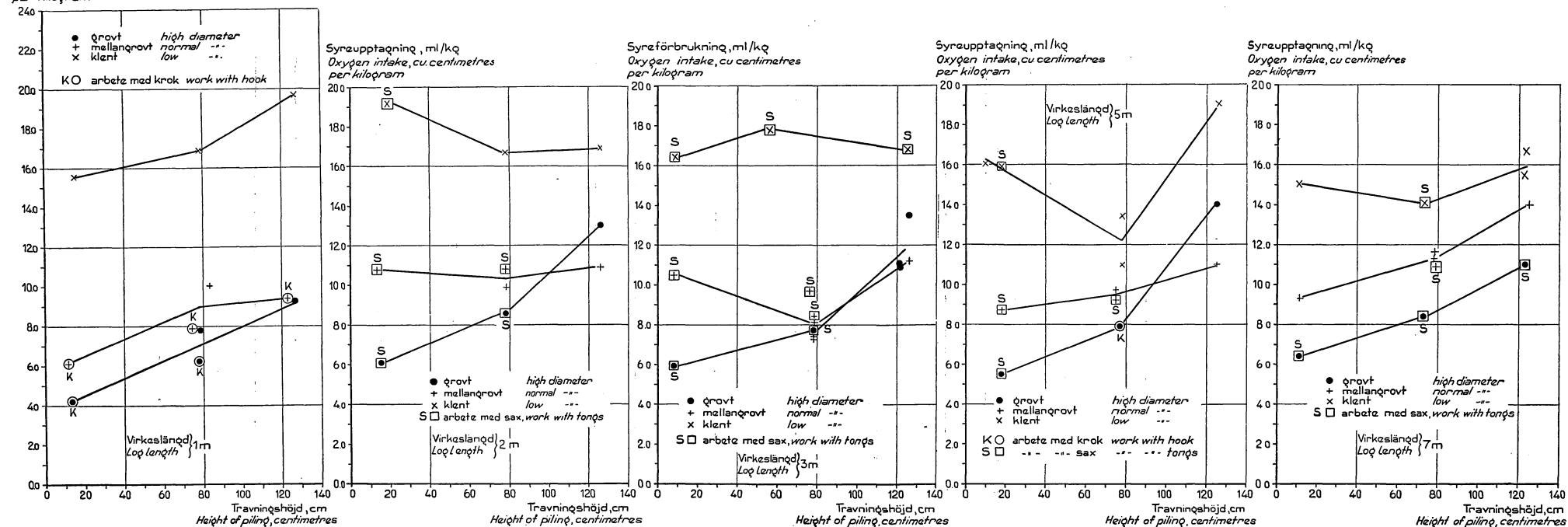
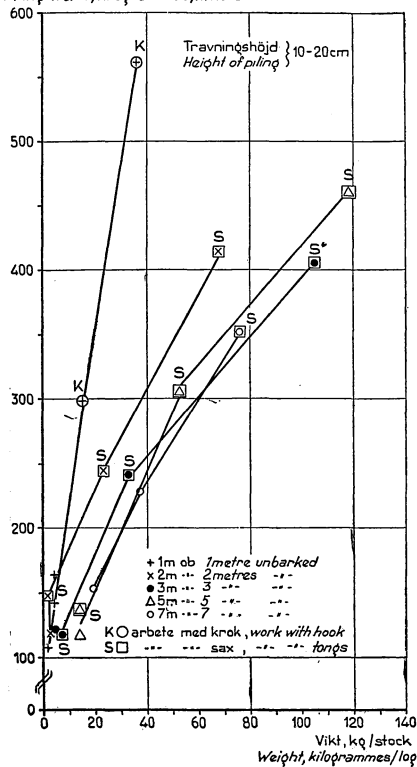


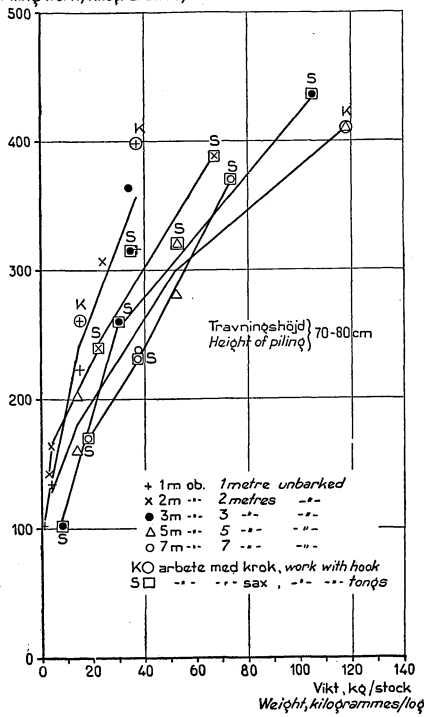
Fig. 20. Resultat av försök över travning av virke av olika grovlek och längd till olika höjd. De fem övre diagrammen visa prestationen i »travade kg virke per min» de undre fem diagrammen visa syreförbrukningen i milliliter syre per travat kilo gram.

Results of the tests on the manual piling of logs of different diameters and lengths, piled to different heights. The five graphs in the upper line show the output expressed as "piled kilogrammes wood per minute", the five graphs on line below show the oxygen intake in millilitres per piled kilogrammes.

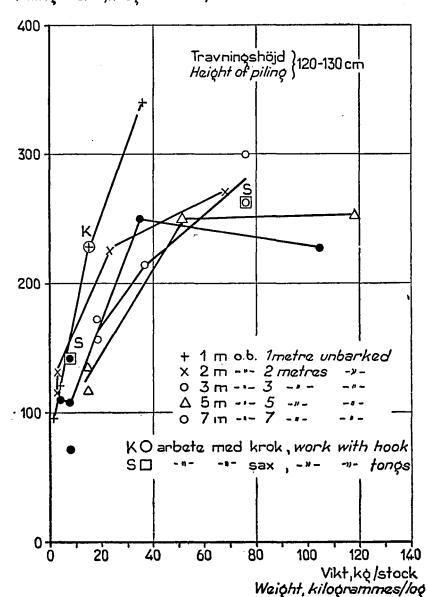
Travningsarbete, kq/min  
Piling work, kilogrammes/minute



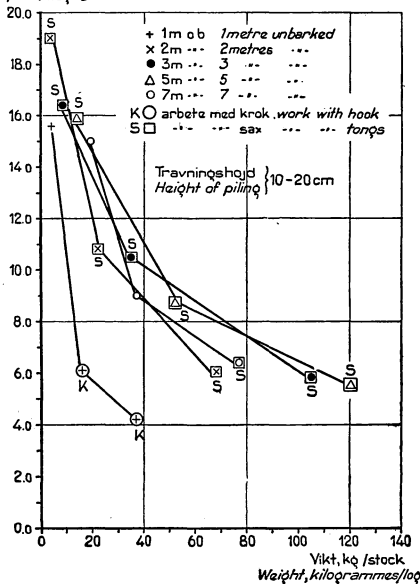
Travningsarbete, kq/min  
Piling work, kilogrammes/minute



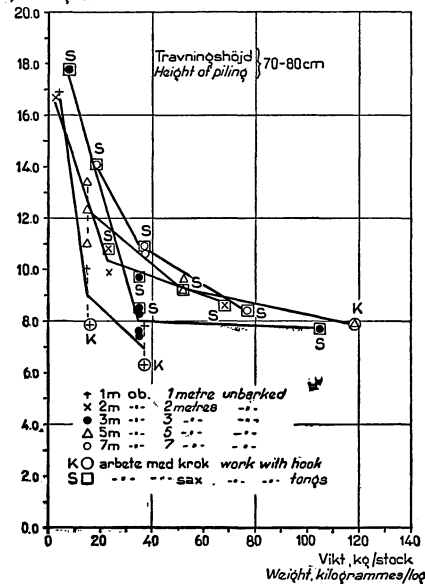
Travningsarbete, kq/min  
Piling work, kilogrammes/minute



Syraupptagning, ml/kq  
Oxygen intake, cu centimetres  
per kilogram



Syraupptagning, ml/kq  
Oxygen intake, cu centimetres  
per kilogram



Syraupptagning, ml/kq  
Oxygen intake, cu centimetres  
per kilogram

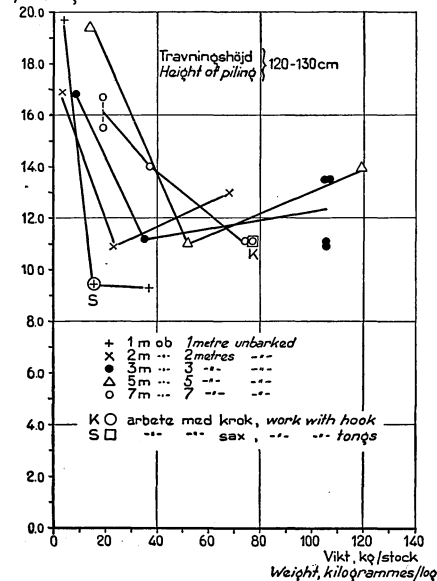


Fig. 21. Prestation och syreförbrukning vid travning av virke med olika längd och grovlek till tre olika höjder. De tre övre diagrammen visa prestationen vid travning av virket till tre olika höjder, de tre undre visa syreförbrukningen i milliliter syre per travat kilogram.

Output and oxygen intake at piling of logs with different diameters and lengths, piled to three different heights. The three graphs in the upper line show the output and three graphs in the line below show the oxygen intake per piled kilogramme.

virke mellan arbete med händerna och med de nyssnämnda redskapen. Virket travades i alla försök så att dess längdaxel i avläggningsvältan var parallell med virkets längdaxel i den vältan, där försökspersonen grep virket.

De kortaste bitarna svängdes härvid alltid under arbetet ett halvt varv, medan försökspersonen vid arbete med längre och tyngre bitar föredrog att kliva över biten vid travning från den ena vältan till den andra. Vid travning av tunga bitar lyfte försökspersonen vanligen en ända av biten i taget.

Samtliga försök utfördes på någorlunda torr ängsmark, vid en lufttemperatur, som vanligen var ca  $+10^{\circ}\text{C}$ . Försöken redovisas i följande avsnitt:

1. Travning från marken till olika höjd.
2. Travning från »bekväm höjd».
3. Jämförelse mellan arbete med händerna och med verktyg.
4. Inverkan av arbetstidens längd.
5. Försök med variation av arbetsintensiteten.

#### 1. Travning av virke från marken till olika höjd

Resultaten från samtliga försök över travning av virke av olika längd och vikt från marken till olika höjder har sammanförts i tabell 12 (se tabellbilaga efter texten). Travningsförsöken ha även upplagts grafiskt i en serie diagram. I fig. 20 redovisas i den övre figurraden hur prestationen uttryckt i »travningsarbete, kg per minut» varierar med travningshöjden för virke av olika längd och grovlek, i den undre figurraden anges den syreförbrukning i milliliter per travat kilogram som försökspersonen samtidigt haft. Av dessa figurserier framgår följande:

*Travningsarbete, kg per minut*, vid travning till olika höjd av virke av olika grovlek med längderna 1, 2, 3, 5 och 7 m. (Övre figurraden i fig. 20):

Vid travning av klen virke, där prestationen i sig själv är ganska låg, synes travningshöjder upp till 140 cm ej inverka i nämnvärd grad prestationssänkande, möjligen med undantag för 1 m virket. Det synes till och med vara så att det kan vara fördelaktigare att lägga ned bördan i eller strax ovan knähöjd, varvid man ej behöver böja sig. För grövre virke blir inverkan av en stigande travningshöjd påtaglig och prestationen sjunker avsevärt ju högre travningshöjden är.

*Syreförbrukning, ml per travat kg*, vid travning till olika höjd av virke av olika grovlek med längderna 1, 2, 3, 5 och 7 m. (Nedre figurraden i fig. 20):

Syreförbrukningen per travat kilogram virke stiger med ökad travningshöjd med undantag för den klena veden av 1, 2 och 3 m längd. För 5 m och 7 m längder kräver travningshöjden 120 cm väsentligt högre syreförbrukning. För den medelgrova veden synes travningshöjden få betydelse först när virkeslängden överstiger 3 m, medan för den grova veden redan vid 1 m längd

travningshöjden utövar stark inverkan, som accentueras ju längre virket blir. De till synes egendomliga överkorsningarna av kurvorna skall kommenteras i efterföljande avsnitt liksom även virkesgrovlekens inverkan.

I nästa diagramserie, fig. 21, har resultaten av samma travningsförsök med avseende på prestation (övre diagramraden) och syreförbrukning (undre diagramraden) lagts upp med ett diagram för var och en av de tre travningshöjderna (10—20 cm, 70—80 cm och 120—130 cm). Följande slutsatser synes kunna göras beträffande:

*Travningsarbete, kg per minut*, vid olika bitvikt, höjd och virkeslängd. (Övre figurraden fig. 21):

Prestationen stiger snabbt med stigande bitvikt. Vid den högsta travningshöjden 120—130 cm bli dock virkesbitarna av det grövsta virket av 3 m längd och däröver så tunga att prestationen förblir konstant eller sjunker. Vid en och samma bitvikt synes travningsprestationen vara högre ju kortare virket är. Särskilt 1 m- men även 2 m-längden verkar vara fördelaktig.

*Syreförbrukning, ml per travat kg*, vid olika bitvikt, höjd och virkeslängd. (Nedre figurraden fig. 21):

Syreförbrukningen per travat kg stiger snabbt med sjunkande medelvikt av bitarna. Detta är särskilt fallet vid travning till lägsta höjden 10—20 cm. Vid mellanhöjden 70—80 cm visar syreförbrukningen per kg en tendens att antaga ett konstant värde vid bitvikterna 60—120 kg. Den tendens till stegring av syreförbrukningen, som svagt kan spåras vid mellanhöjden för den högsta bitvikten, framträder mycket utpräglat i diagrammet över travning till den högsta höjden. I detta diagram framträder klart att det finnes bitvikter — olika för olika virkeslängder — som ge minimivärden för syreförbrukningen (optimalvikter). Det kan också utläsas, att ju längre virket är desto högre blir denna optimalvikt. (Försöket med travning till högsta höjden med det grövsta 7 m-virket har ej utförts enär försökspersonen ansåg detta arbete vara för tungt. Detta kan tagas som intäkt för att även kurvan för 7 m-virket skulle böjts upp för en bitvikt över 100 kg.)

## 2. Travning från »bekväm höjd»

I dessa försök fick försökspersonen trava virke av olika längd och vikt till en travningshöjd av 77—83 cm. I vissa försök hämtades virket liggande på underlag på marken, medan i andra försök virket hämtades från en bänk av ca 75 cm höjd, dvs ungefär samma höjd som virket sedan avlämnades i. Resultaten framgå av tabell 13. Vid hämtning från bekväm höjd stiger prestationen avsevärt, samtidigt som syreförbrukningen per arbetsenhet sjunker. Detta är särskilt fallet för virke i korta längder. För längre virke, som antingen måste svängas eller — särskilt vid hög bitvikt — måste läggas ned på marken för att tillåta arbetaren kliva över virket, är vinsten mindre utpräglad.

**Tabell 13. Jämförelse mellan travning av virke till 75 cm höjd, dels från marken och dels från ca 75 cm höga underlag. Horisontellt förflyttningsavstånd 150 cm. Försöksperson M. K.**

Comparison of piling of logs to a height of 75 cm from ground level and from a ramp, 75 cm high. Horizontal distance 150 cm. Subject M. K.

Virkets Log		Griphöjd cm Height of logs at grasping	Lasthöjd cm Height of unloading	Verktyg Tool	Lastad vikt kg/min Output kg/min	Syreupptagning Oxygen intake	
längd m length m	vikt/bit kg weight of log kg					l/min l/min	ml/kg ml/kg
1	15,4	0	83	—	221,1	2,23	10,1
1	15,4	0	74	2 krokar (2 hooks)	260,6	2,05	7,9
1	15,4	75	78	—	341,5	1,48	4,3
2	23,1	0	78	—	307,4	2,54	8,3
2	23,1	0	78	—	166,6	1,65	9,9
2	23,1	0	78	Sax (Tong)	239,2	2,22	10,8
2	23,1	74	78	—	341,3	1,91	5,6
3	34,9	0	78	—	364,9	2,68	7,3
3	34,9	0	78	—	230,9	1,91	8,3
3	34,9	0	56	Sax (Tong)	260,3	2,52	9,7
3	34,9	73	78	—	376,3	2,46	6,5
3	34,9	0	78	Sax (Tong)	194,7	1,64	8,4
3	34,9	0	78	»	317,3	2,40	7,6
5	52,1	0	78	—	283,3	2,76	9,7
5	52,1	0	75	Sax (Tong)	319,7	2,93	9,2
5	52,1	74	80	—	355,9	2,40	6,7
7	37,2	0	78	—	237,4	2,75	11,6
7	37,2	0	78	—	160,9	1,82	11,3
7	37,2	0	79	Sax (Tong)	251,6	2,75	10,9
7	37,2	75	77	—	226,1	2,18	9,6
7	37,2	75	78	—	173,1	1,79	10,3
7	37,2	75	78	—	226,8	2,40	10,6

### 3. Några iakttagelser beträffande användning av handverktyg vid travningsarbete

Vid de utförda studierna av travningsarbetet fick försökspersonen inom ramen för de givna yttre betingelserna ifråga om virke och arbetshöjd själv välja arbetsmetod. Som tidigare nämnts kom härvid förutom rent handarbete i vissa fall arbete med sax och krok till användning. Resultaten med hänsyn till effekt och fysiologisk verkningsgrad har illustrerats i fig. 20.

Det framgår, att dubbelförsök med alternativ användning av redskap och rent handarbete förekom i endast ett fåtal fall, varför jämförelsematerialet vid samma yttre betingelser är så ringa, att inga säkra slutsatser kan dras. Emellertid kan konstateras, att de båda jämförelser, som är möjliga vid 1-metersvirket (lastning av medelgrovt och grovt virke från marken till ca 8 dm

höjd) visar bättre resultat vid användning av krok än vid arbete enbart med händerna. Försökspersonen använde sig här av två krokar, vilka han anbragte i vardera ändan av stocken, varvid han snabbt och bekvämt kunde fatta bitarna med mindre framåtböjning av kroppen än vid det rena handarbetet. Även om antalet observationer var ringa, går dock resultaten i den riktning man kan vänta sig under dessa speciella förhållanden. Denna sannolika fördel för arbetet med krokar torde bestå endast upp till en viss lasthöjd, nämligen den översta höjd till vilken man med en någorlunda bekväm slungrörelse kan få upp biten i ett tempo.

För övriga virkeslängder är materialet för litet för att några bedömningar skall kunna göras. En sammanfattning av rent praktiska erfarenheter talar emellertid för att verktyg inte innebär några fördelar vid mycket klena dimensioner. Detsamma torde gälla mycket tungt virke vid lastning till hög höjd. Vid sådant virke torde under alla förhållanden verktygens eventuella fördelar inskränkas till så låga lasthöjder, att man i slutläget med upprätad bål fortfarande har armarna någorlunda raka. Då kroken är lägre än saxen och dessutom vid behov kan anbringas i stockens undre kant, torde kroken kunna användas upp till något större arbetshöjder än saxen. Kroken fordrar dock större vana än saxen för att kunna utnyttjas på ett effektivt sätt.

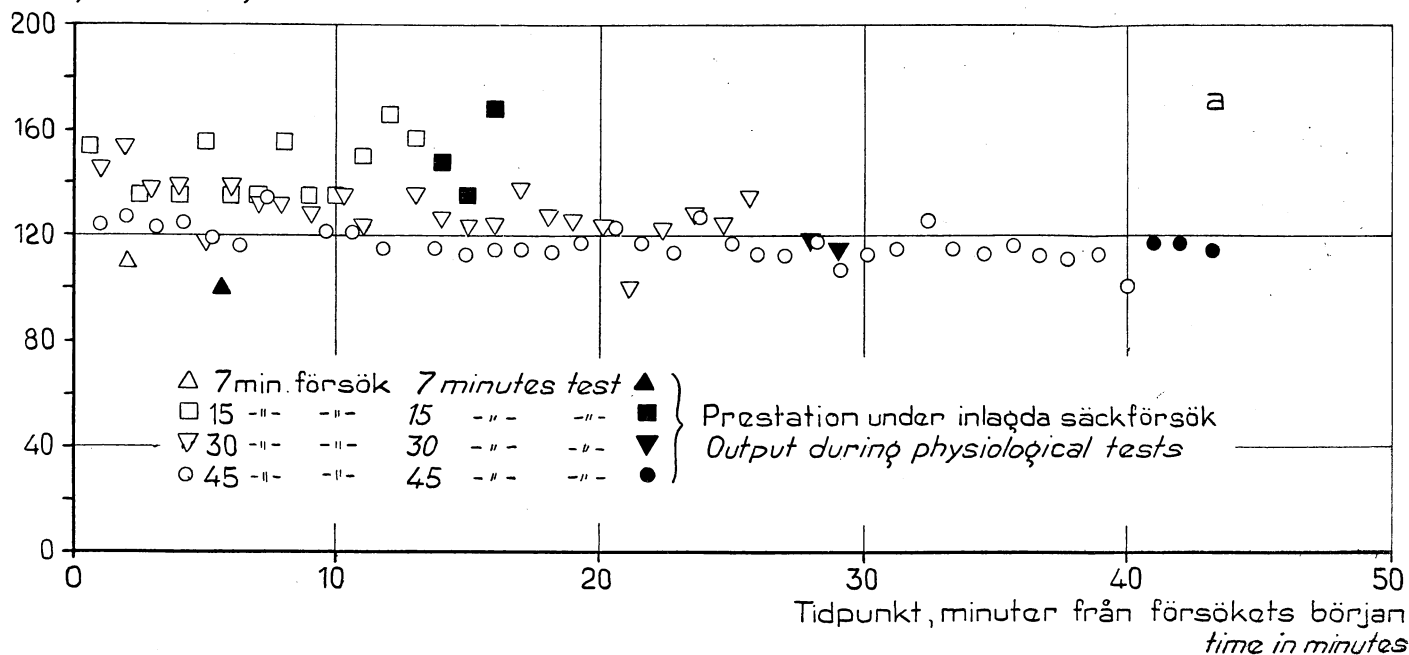
Slutligen kan förmodas, att den arbetshöjd intill vilken verktyg kan tänkas vara lämpliga sannolikt ökar med sjunkande bitvikter genom att det då bör bli möjligt att med en slungrörelse få upp virket högre än till den nyssnämnda gränshöjden för mycket tungt virke. För ett mera exakt bedömande av dessa frågor fordras emellertid fortsatta studier av den typ, som t. ex. för hopdragningsarbete tidigare utförts vid AFU.

#### 4. Inverkan av arbetstidens längd

Som i kap. I beskrivits ha de arbetsfysiologiska studier, som redovisas i denna rapport, utförts på så sätt att försökspersonen innan provtagning skedde arbetat under en förperiod av ca 3—4 minuter med samma eller likartat arbete, som försöket omfattat. Denna förperiod hade det syftet, att försökspersonen skulle komma upp till den nivå — »steady state» — ifråga om syreupptagning, puls etc. som motsvarar aeroba förhållanden. Av praktiska skäl måste den arbetsperiod, då utandningsluft insamlas, begränsas till 2—6 minuter, allt efter arbetets tyngd, beroende på det begränsade utrymmet för utandningsluften i säcken. Ett arbetsförsök omfattar alltså som regel en total tid av 5—10 minuter.

Av intresse är att veta om arbetet under en så kort arbetsperiod utföres av arbetaren i hans normala arbetstakt eller om det föreligger någon tendens till höjning eller sänkning av arbetstakten. För att belysa detta spörsmål anordnades följande försök.

Travningsarbete, kg/min  
Piling work, kilogrammes/minute



Travningsarbete, kg/min  
Piling work, kilogrammes/minute

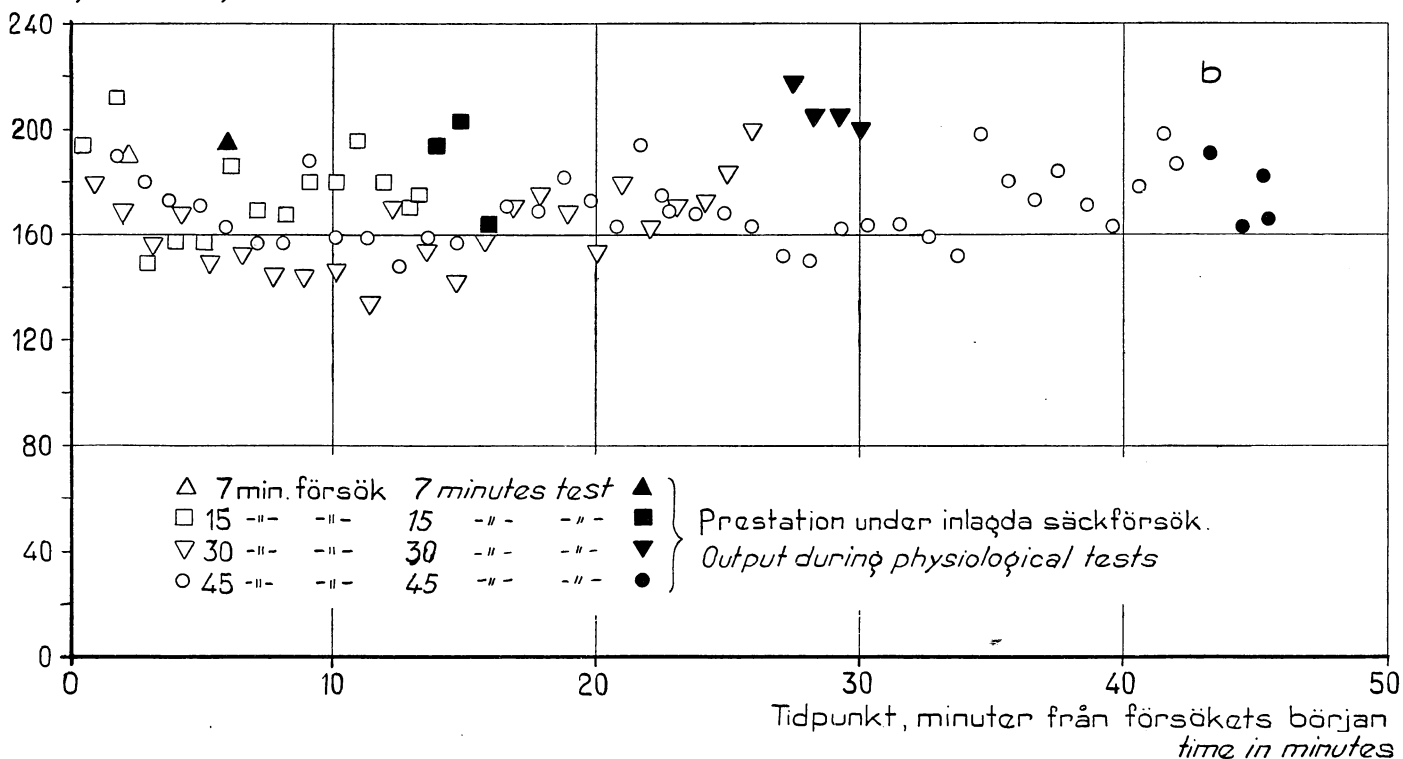


Fig. 22. Resultat av försök med variation av arbetstidens längd a) travning av 3 m obarkat granvirke med en medelvikt av 7,5 kg per bit till 74—78 cm höjd och b) travning av 3 m obarkat granvirke med en medelvikt av 34,9 per kg bit till 74—78 cm höjd.

Results of the tests with variation in working-time a) piling of three metres unbarked logs of spruce with an average weight of 7.5 kilogrammes per log to a height of 74—78 cm and b) piling of three metres unbarked logs of spruce with an average weight of 34.9 kilogrammes per log to a height of 74—78 cm.

**Tabell 14. Arbetsprov av varierande varaktighet, travning av 3 m ob virke (medelvikt 34,9 och 7,5 kg) från marken till 74—78 cm höjd.**

Work tests of varying duration, piling of 3 m unbarked logs (average weight 34,9 and 7,5 kg) from the ground to a height of 74—78 cm.

Virkets vikt Weight of logs kg	Verktyg Tool	Arbetstidens längd, min Duration of the test min	Syreupptagn. Oxygen intake l/min	Lastade kg/min Piled weight kg/min	
				under förperiod during warming up period	under säcktid during physiolog- ical test period
34,9	sax (tong)	7	1,64	190	195
34,9	»	15	1,86	177	187
34,9	»	30	1,90	163	214
34,9	»	45	1,65	169	194
7,5	»	7	1,80	110	101
7,5	»	15	2,00	140	153
7,5	»	30	1,64	131	129
7,5	»	45	1,64	117	116
<i>Jämförelse med andra travningsförsök med samma virke</i> <i>Comparison with other studies with the same logs</i>					
34,9*	sax (tong)	6,55	2,52	262	260
34,9	»	5,95	2,40	308	317
34,9	—	6,230	2,68	364	365
7,5*	sax (tong)	7,00	1,80	110	101

\* Travningshöjd. Height of piling = 56 cm.

Försökspersonen MK fick i fyra omgångar utföra exakt samma arbete, i detta fall travning. Han informerades på förhand om arbetsperiodens längd, vilken i de enskilda fallen var 7, 15, 30 och 45 minuter. Arbetet tidsstuderades så att produktionen för varje minut erhöles. Vid slutet av varje period gjordes en mätning av syreförbrukningen. Två sådana försöksserier genomfördes, båda avseende travning av 3 m obarkat virke, i ena försöket med bitvikten 34,9 kg och i det andra med bitvikten 7,5 kg. Resultaten av dessa försök framgår av fig. 22 samt beträffande de fysiologiska mätningarna vid varje periods slut även av tabell 14. Som framgår härav synes försökspersonens prestation från försök till försök ha legat på ungefär samma nivå oberoende av arbetsperiodens längd. Inga signifikanta skillnader rådde ifråga om arbetshastighet vid jämförelse av arbete med och utan pågående syreupptagningsbestämning. Det kan här anmärkas, att försökspersonen var utrustad med mätapparaturen endast under själva provtagningen samt några minuter dessförinnan.

I tabell 14 ha de värden som erhållits i denna försöksserie jämförts även med övriga travningsstudier med samma virkessortiment, varvid framgår, att arbetstakten i det förra fallet vid arbetet med den grövre 3 m-veden varit avsevärt lägre än i det senare fallet. Någon motsvarande skillnad förelåg inte för det lättare virket. I nedanstående uppställning (tabell 15) sammanfattas de här diskuterade resultaten.



**Tabell 15. Jämförelse beträffande syreupptagning och arbetshastighet vid travningsarbete med varierande tidslängd (7—45 min, »serie I») och med genomgående kort varaktighet (6—7 min, »serie II»).**

Comparison of oxygen intake and speed of work in the piling during varying lengths of time (7—45 min., series I) and during tests of short duration (6—7 min., series II).

Försöks- serie Serie	Antal försök Number of tests	Virkets vikt kg Weight of logs kg	Syreförbrukning l per min. Oxygen intake l per min.		Prestation Travade kg per min. Output piled weight, kg per min.		Trav- nings- höjd cm Height of piling cm
			medeltal mean	variation range	medeltal mean	variation range	
I	4	34,9	1,76	1,64—1,90	198	194—214	78
II	3	34,9	2,53	2,40—2,68	314	260—365	56—78
I	4	7,5	1,77	1,64—2,00	128	101—165	78
II	1	7,5	1,80	—	101	—	56

Jämförelsen försvåras av att travningshöjden ej är lika i alla försök. Det vill dock synas som om försökspersonen i den försöksserie, där längre arbetstider ingick, haft en tendens att på förhand ställa in sig på en nivå motsvarande en syreförbrukning av 1,8 liter per minut.

Det kan i detta sammanhang nämnas, att han under arbete på cykelergometern med gradvis stegring av arbetsbelastningen nådde upp till ett maximumvärde för syreupptagningen på 3,98 l/min. Detta erhöles vid belastningen 1800 kpm/min. Pulsfrekvensen var samtidigt 180/min., vilket liksom det subjektiva intrycket talar för att försökspersonen i detta prov låg mycket nära gränsen för sin aeroba kapacitet. Man torde därför med visst fog kunna hävda, att vederbörande vid mera fortvarigt arbete ställde in sin syreupptagningsintensitet på ca 45 % av sin maximikapacitet. Detta överensstämmer väl med tidigare slutsatser av CHRISTENSEN beträffande de energetiska förhållandena vid tyngre arbete av fortvarig typ.

Det ovan sagda talar för att det arbete som studerats i de arbetsfysiologiska försöken med en arbetstid av 5—10 minuter och där syreförbrukningen överstigit ca 2 l/min., försiggår i en för längre tids arbete övernormal takt. — Ytterligare en slutsats bör kunna dragas av försöken, nämligen att försökspersonen synes ha stor förmåga att hålla en viss arbetstakt på en konstant nivå och att själv »känna» att inga förändringar i takten sker. Detta bestyrkes även av att prestationen under förperioderna i de arbetsfysiologiska försöken som regel är mycket nära prestationen under huvudförsöken.

Den inledningsvis uppställda frågan huruvida de arbetsfysiologiska mätningarna över perioder av 5—10 minuter motsvara en normal arbetsnivå för längre tids arbete, kan med ledning av dessa begränsade jämförelser ej generellt besvaras. Vissa synpunkter kunna dock anläggas. I arbetsfysiologiska

försök över helt manuellt arbete där ingen maskin styr arbetstakten uppmanas försökspersonen att hålla en jämn arbetstakt — nivån får han emellertid välja själv med direktivet att han bör »arbeta som han brukar». Det är troligt, att försökspersonen härvid reagerar på det sättet att han väljer en arbetsrytm som är naturlig och ansluter sig till kroppens mekaniskt-fysiska konstitution. Ett sådant arbetssätt, som alltså ej är »konstlat», torde vara lättast att hålla på en konstant nivå. Om försökspersonen nu belastas med varierande arbetskvanta, exempelvis virke med olika bitvikt, i ett och samma typarbete, finns det anledning förmoda att arbetsrytmen förändras något men ej alls i proportion till det mekaniska arbetets förändring. Detta skulle i så fall betyda att det skulle förefinnas en tendens till högre arbetsnivå vid höga bitvikter och vice versa. — Det bör givetvis också tilläggas att de arbetsfysiologiska försöken som regel endast omfattar effektiv arbetstid utan spilltid och pauser.

De här framförda synpunkterna förringar ej de arbetsfysiologiska försökens värde. I regel är man mindre intresserad av den absoluta nivån än att jämföra olika alternativ i en viss försöksserie. Ett sätt att komma ifrån här påtalade förhållanden, där så är önskvärt, är att systematiskt variera arbetshastigheten, på så sätt att ett och samma arbetsalternativ utföres i tre eller flera av arbetaren själv subjektivt bestämda arbetshastigheter i olika försök. Att genomgående använda detta förfaringssätt i dessa försök har av praktiska skäl ej varit möjligt, när det medfört minst en tredubbling av antalet försök. Begränsade sådana studier ha dock utförts och redovisas i efterföljande avsnitt. I andra undersökningar under senare år har även denna försöksmetodik flitigt använts. (Se exempelvis LUNDGREN, SUNDBERG 1955, LUNDGREN m. fl. 1956, CALLIN 1957 och LUNDGREN, SUNDBERG 1958.)

### 5. Försök med variation av arbetsintensiteten

Försökspersonen fick i detta försök utföra samma arbete i de av honom själv subjektivt valda hastigheterna »sakta», »medel» och »hastigt». Två arbetsalternativ studerades, nämligen travning av 3 m obarkat virke med en bitvikt av 7,5 kg respektive 104,6 kg till en höjd av 77—83 cm.

Resultaten visas i tabell 16 (se tabellbilagan) och fig. 23. Det framgår, att förhållandet mellan syreupptagning och presterat arbete kan betraktas som rätlinigt, något som vanligen är fallet vid arbete av denna typ under förutsättning, att arbetsmetoden är densamma från gång till gång. Diagrammet i fig. 23 illustrerar vidare klart, att modellstudier av detta slag kan användas för interpolering av prestationsnivån vid en viss fysiologisk belastning eller vice versa. Slutligen framgår att det lättare arbetet med bitvikten 7,5 kg erbjudit större möjligheter till variation, medan arbetet med

Syreupptagning, l/min

Oxygen intake, litres/minute

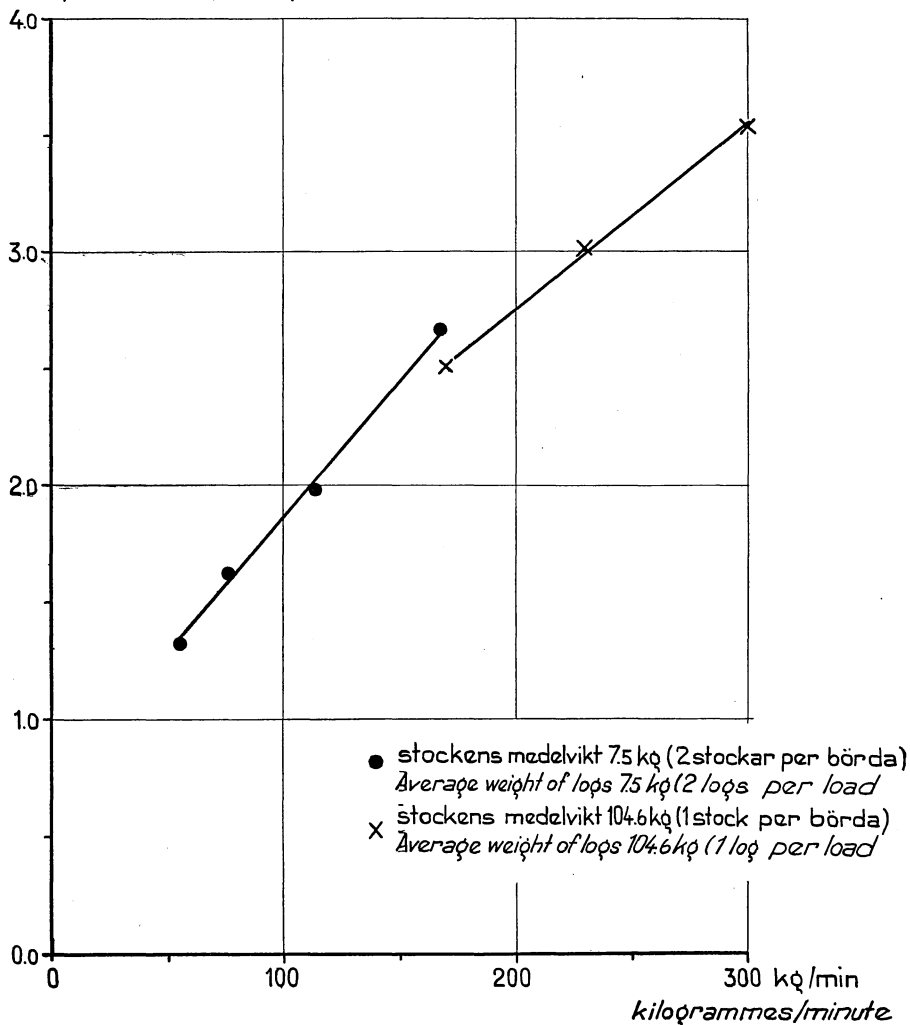


Fig. 23. Resultat av försök med variation av arbetshastigheten vid travning av virket. Samband mellan syreupptagning och arbetshastighet vid travning av 3 m obarkat virke från marken till 122 cm höjd.

Results of the tests with variation of the working speed at piling of logs. Correlation between oxygen intake and speed of work (in kilogrammes per minute) at piling of the three-metres unbarked logs of spruce from the ground to a height of 122 cm.

bitvikten 104,6 kg varit så tungt att det varit onaturligt att utföra arbetet på en lägre syreförbrukningsnivå än ca 2,5 l per minut.

Den fysiologiska verkningsgraden, uttryckt som inverterade värdet av ml O<sub>2</sub>/kg, blir enligt tabell 16 högre ju hastigare arbetstakten är, dvs då syreupp-

tagningen per minut ökar. Detta sammanhänger bl. a. med att den fasta energikostnaden i form av kroppens »tomgångsomsättning» därvid kommer att betyda relativt mindre. Det framgår av fig. 23, att ganska liten skillnad råder i verkningsgrad mellan arbetena med de båda stockarna, om jämförelse sker vid samma syreupptagning (ca  $2\frac{1}{2}$  l/min.). Om jämförelser göres vid de arbetshastigheter, som försökspersonen ansåg som »normala», kommer däremot verkningsgraden att bli klart högre vid arbetet med den större stockvikten, emedan detta innebär högre syreupptagningsintensitet.

## 6. Syreförbrukningen vid travning av virke med olika bitvikter

I fig. 24 har syreförbrukningen i l/min vid samtliga travningsförsök, utom de ovan under punkt 5 angivna med styrd arbetstakt, lagts upp efter bitvikten hos virket. Det framgår, att en stigande bitvikt medfört en ökad syreupptagningsintensitet i travningsarbetet.

För samtliga tre lyfthöjder har syreupptagningen en tendens att stiga med ökande medelvikt per bit. Denna stigning är signifikant för lyfthöjderna 80 cm och 125 cm, däremot inte för lyfthöjden 20 cm, vilket har konstaterats genom bestämning av nedanstående lineära regressioner ( $y$  = syreförbrukning, l/min,  $x$  = bitvikt, kg).

Lyfthöjd	Regression	Regressionskoeff. med medelfel
20 cm	$y = 2,22 + 0,0023 \cdot x$	$0,0023 \pm 0,0020$
80 cm	$y = 2,00 + 0,0125 \cdot x$	$0,0125 \pm 0,0025$
125 cm	$y = 2,39 + 0,0089 \cdot x$	$0,0089 \pm 0,0016$

Nivån ligger lägre för den lägsta travningshöjden (20 cm) än för de båda övriga (80 och 125 cm). Denna tendens uppträder klart vid bitvikter över ca 40—50 kg. Under denna viktgräns ligger nivån för samtliga travningshöjder i stort sett mellan 2 och 3 l  $O_2$ /min. För tyngre virke överskrides 3-litersgränsen i flertalet fall vid de båda högre travningshöjderna.

Vid mera långvarigt praktiskt arbete kan man enligt vad som tidigare sagts räkna med en lägre syreupptagningsintensitet än den här funna (se mom. C:4). Detta torde mest bero på att de korta uppehållen mellan enskilda arbetscyklar under sådana förhållanden blir längre. Däremot brukar avvikelserna i själva lyfttiderna bli små vid variation av arbetstakten, vilket sammanhänger med att dessa tider i stort sett regleras av de mekaniska och fysiologiska förutsättningarna.

Syrupptagning, l/min  
 Oxygen intake, litres/minute

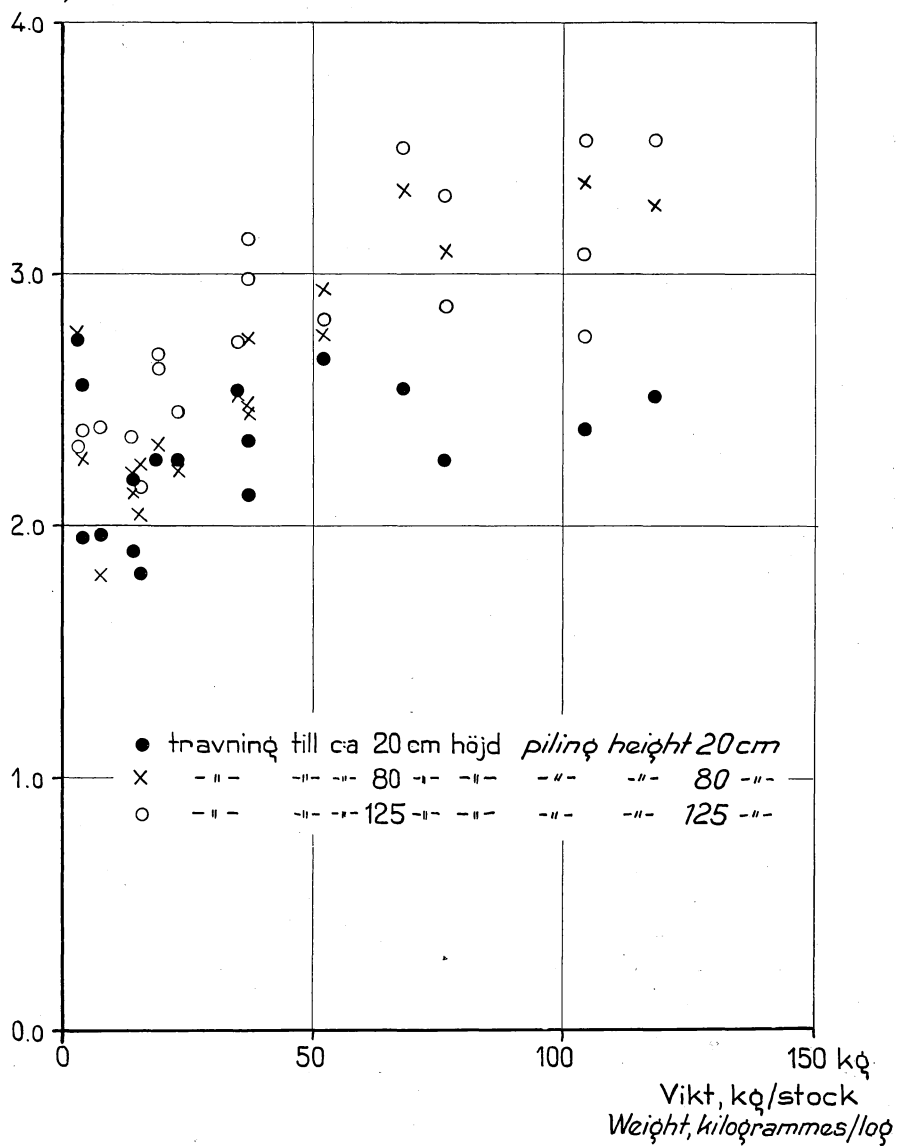


Fig. 24. Samband mellan i travningsförsöken erhållen syreförbrukning i liter per min och virkets bitvikt.  
 Correlation between oxygen intake (litres per minute) and the weight of the logs.

## G. Ströläggning under standardiserade förhållanden

### 1. Beskrivning av försöken

Virke i standardlängder, som skall ströläggas, ligger i regel upplagt för mätning i 1 m höga klosslagda vältor. Virke i 2 m längd lägges understundom till högre höjd, exempelvis 1,5 m höga vältor. För den strölagda vältan kommer i regel samma markyta att finnas disponibel som den klosslagda vältan upptagit. Detta betingas av att brist på utrymme ofta föreligger, samt att man önskar dels få minsta möjliga transport av virket under själva ströläggningen och dels få upp virket i god torkningshöjd. Den höjd i cm till vilken vältan måste ströas under dessa antaganden utgör teoretiskt  $100 + \frac{100 \cdot d}{D}$ , där  $D$  är virkets

och  $d$  strönas medelgrovlek i cm. Som strön väljes i praktiskt arbete alltid klenare dimensioner. I de här redovisade försöken, i vilka praktiska förhållanden så långt möjligt söktes efterliknas, valdes genomgående strön av grovleken  $d = 0,5 D$ . Under dessa förutsättningar skall virket ströas till höjden  $100 + \frac{100 \cdot 0,5 d}{D} = 150$  cm. Denna höjd valdes såsom riktpunkt under försöken. Höjden anger då avståndet från marken till översta lagrets överlinje:

För ströläggningsförsöken utvaldes i fyra diameterklasser dimensionssorterat virke av 2 och 3 m längd — sammanlagt alltså 8 st. vältor. Försökskombinationerna visas i följande tabell 17.

Två försökspersoner, G. N. och M. K., utförde var och en samtliga enmansförsök samt tillsammans tvåmansförsöken.

Vid varje enskilt försök strölades en hel vält. Tidsåtgången registrerades härvid för varje varv, varvid utläggning av strö särskildes.

I varje dimensionsklass klavades bitarna i cm på mitt och vägdes stickprovsmässigt.

Då tiden för varje försök var relativt lång och arbetsbetingelserna förändra-

**Tabell 17. Försöksschema vid ströläggning.**

Schedule on the studies at piling with intermediate logs.

Diam.klass mittmått Diam. class inch	Virkeslängd Length of logs			
	2 m		3 m	
	en-mansarbete one man work	två-mansarbete two men work	en-mansarbete one man work	två-mansarbete two men work
1—2"	×	×	×	×
2—4"	×	×	×	×
4—8"	×	×	×	×
8—12"	×	×	×	×

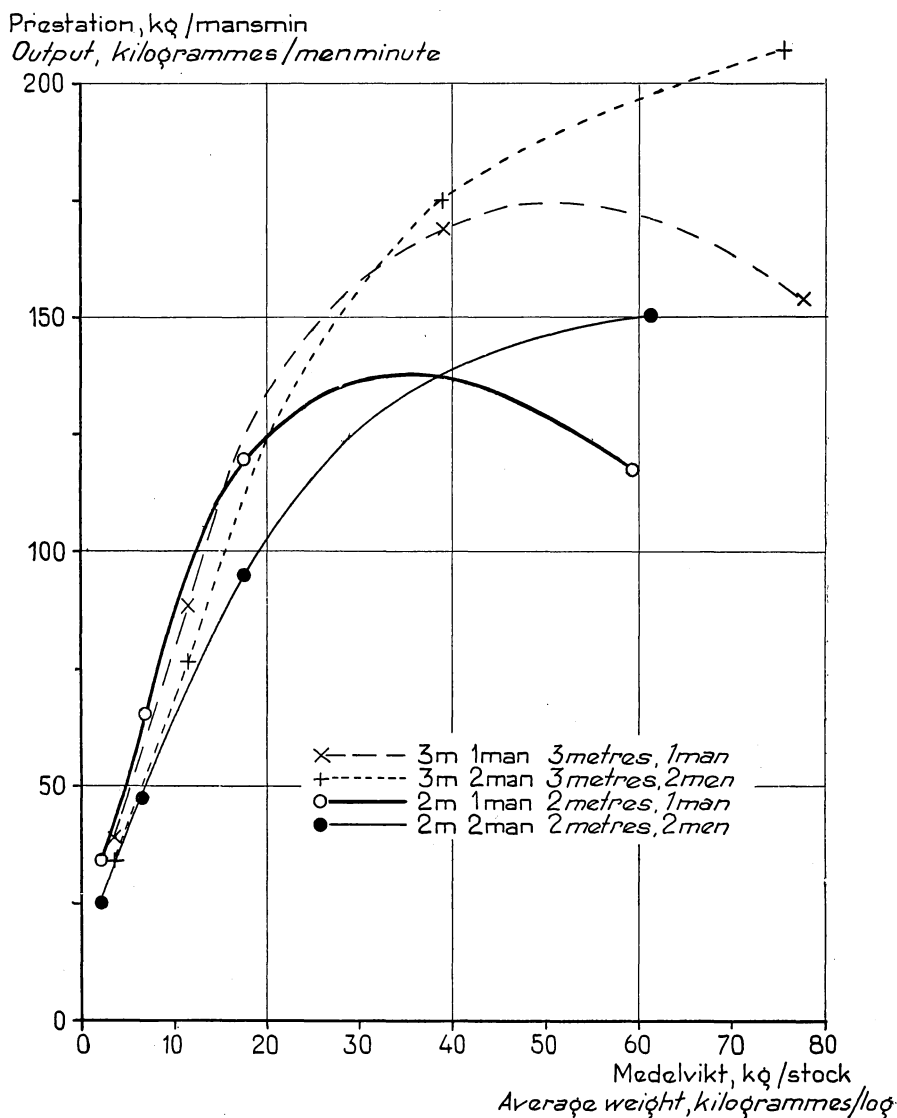


Fig. 25. Prestation vid ströläggning av 2- och 3 m virke som funktion av bitvikt och lagstorlek.

Output at the manual piling of wood in tiers with intermediate logs. The graph shows the output for logs of two and three metres length and also for one-man and two-men work.

des allteftersom arbetet fortskred — sammanhängande med förändrade vält-  
höjder — var det ej lämpligt göra arbetsfysiologiska försök med mätning av  
utandningsluften i säck. Försöken inskränktes därför till tidsstudier över  
arbetet.

## 2. Resultat

Huvudresultaten i försöken ha sammanställts i tabell 18 och illustrerats i diagramform i fig. 25. Tabellen 18 (se tabellbilagan) redovisar för varje försöksalternativ antalet bitar och varv i vältan, totalvikten och medeldiametern (mittmått) hos virket, vältans höjd, totaltiden för försöket i verkcentiminuter samt prestationen i kg per lag-minut verktid och per mansminut verktid. Fig. 25 visar prestationen i kg/mansmin som en funktion av lagstorleken, virkeslängden och medelbitvikten, vilka samband erhållits genom grafisk utjämning. För enmansläggningen gäller medeltalen av de båda försökspersonernas resultat.

Man kan beträffande sambanden i fig. 25 göra den invändningen att materialet synes för svagt för att konstruera dylika samband, då endast ett försök per kombination ligger till grund för utjämningen. Emellertid äro försökstiderna relativt långa (se tabell 18) framförallt på de klenare dimensionerna, där skillnaderna mellan försöksalternativen äro minst. Den totala försökstiden, som ju ligger till grund för prestationen i kg/min., utgör dessutom summan av tiderna för läggning av varje varv, dvs för ett antal standardiserade arbetsmoment.

I fig. 26 visas grafiskt sambandet mellan tiden per varv och varvets höjd i vältan (representerat av varvets nummer från marken räknat) för olika diameterklasser och lagstorlek (endast för 3 m-virket). Härav framgår, att spridningen kring en tänkt regression för tiden per varv på varvets höjd uppenbarligen är relativt liten för varje försöksalternativ, framförallt för de klena dimensionerna. Detta innebär, att en flerfaldig upprepning av ett helt försök under samma försöksbetingelser skulle ge nära överensstämmande totaltider. Någon systematisk förändring i form av exempelvis en träningseffekt har icke kunnat spåras.

## 3. Diskussion av resultaten

Tendenserna i resultaten äro delvis så klara att materialet tillåter vissa slutsatser av betydelse. Så synes för vissa dimensioner enmansläggningen vara klart överlägsen tvåmansläggning, medan förhållandet är omvänt för andra dimensioner. Tabell 19, som visar den enligt dessa försök lämpligaste lagstor-

**Tabell 19. Lämpligaste lagstorleken vid ströläggning för olika vikt- och dimensionsområden enligt försök med torrt virke.**

Virkes- längd	Enmansläggning			En- eller tvåmansläggning			Tvåmansläggning		
	kg/bit	f <sup>3</sup> /bit	cm mittm.	kg/bit	f <sup>3</sup> /bit	cm mittm.	kg/bit	f <sup>3</sup> /bit	cm mittm.
2 m	—35	—2,2	—19	35—42	2,2—2,7	19—22	45—	2,7—	22—
3 m	—25	—1,6	—14	25—40	1,6—2,5	14—18	40—	2,5—	18—



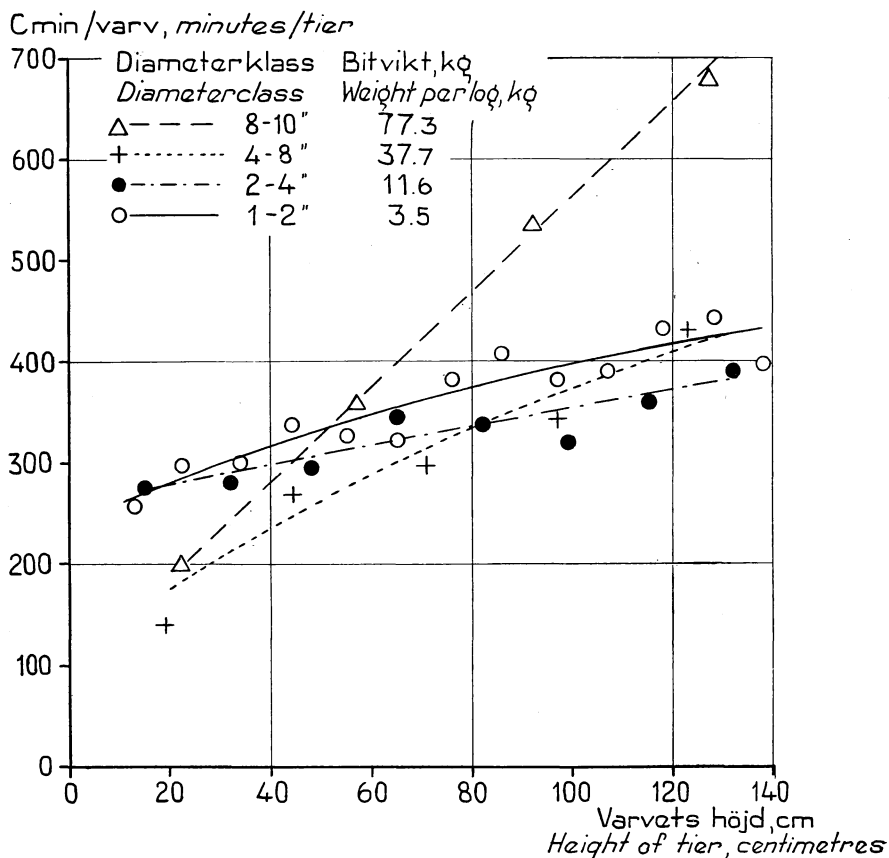


Fig. 26. Tidsåtgång i minuter per varv vid ströläggning av 3 m virke av olika grovlek. Medeltal av två försökspersoner.

Time consumption at the manual piling of three metres long logs in tiers. Averages for two subjects.

leken för olika vikt- och dimensionsområden, har baserats på fig. 25. Siffrorna avser försöksvirket, som var torrt. Dess volymvikt ( $v$ ) var  $v = 483,6 + 4,4 \cdot D$   $\text{kg/m}^3$  eller  $13,69 + 0,124 \cdot D$   $\text{kg/f}^3$ , där  $D$  är mittdiametern i cm.

För 2-m-virket äro skillnaderna klart markerade. För bitvikterna 1,9, 6,7 och 17,6 kg är prestationen vid enmansläggningen respektive 34,5, 37,0 och 25,2 % högre, medan den för 59,3 kg bitvikt ligger 21,8 % lägre. För 3 m-virket äro differenserna ej så klara. Vid 3,5 och 11,6 kg ligger prestationen vid enmansläggningen 13,3 respektive 8,8 % högre och vid 39,0 kg 2,7 % lägre än tvåmansarbetet. För virke tyngre än 45—50 kg är emellertid tvåmansläggningen klart överlägsen.

Det virke, som användes vid strölägningsförsöken, hade en volymvikt av

ca 500—600 kg/m<sup>3</sup>. I praktiken torde virket som strölägges i regel ha högre volymvikt eller ungefär 600—900 kg/m<sup>3</sup>. Med hänsyn härtill torde följande allmänna rekommendationer beträffande lagstorleken kunna göras på grundval av försöksresultaten: *För tvåmetersvirke torde som regel enmansläggning kunna rekommenderas med undantag för särskilt grovt eller tungt virke. För tremetersvirke synes enmansläggningen lämpa sig bäst endast för särskilt lätt eller klen virke, medan i övrigt tvåmansläggning torde vara att föredraga.*

Ur fig. 25 kan man även utläsa vilken virkeslängd som vid samma bitvikt ger den lägsta hanteringstiden vid ströläggningen, förutsatt att bästa arbetsmetod väljes. För bitvikter intill 15—20 kg uppvisade enmansläggning av 2 m virke den högsta prestationen. Från 15—20 kg till ca 30 kg gav enmansläggning av 3 m-längder och vid tyngre virke tvåmansläggning av 3 m-längder den högsta prestationen, dvs den lägsta hanteringstiden. Med rätt virke med en volymvikt av 770 kg/m<sup>3</sup> eller 22 kg/f<sup>3</sup> ger aptering i 2 m-längder den lägsta hanteringstiden intill en dimension som ger 3 m-virke med 9—10 cm mitt-diameter. Över denna gräns lönar sig 3 m-virket bättre tidsmässigt. Detta resonemang förutsätter att sambandet mellan prestation och bitvikt enligt fig. 25, som ju avser relativt torrt virke, även gäller för rått virke. Så torde också approximativt vara fallet inom de gränser som här diskuteras. En liten förändring av sambandet prestation—bitvikt med volymvikten saknar större praktisk betydelse då gränsen mellan apteringsalternativen endast är ungefärlig.

I fig. 26 bekräftas vissa av de erfarenheter, som erhöles vid travningsförsöken. Sålunda har vid klena dimensioner travningshöjden (i figuren uttryckt i nummer på varvet från marken räknat) endast ringa inverkan på prestationen. Vid enmansläggningen ökar sedan tidsåtgången med ökad travningshöjd alltmer ju grövre virket blir. För det grövsta virket stegras tidsåtgången kraftigt med ökad höjd över marken. — Vid tvåmansläggning av 3 m-virket (ej medtaget i fig. 26) kunde endast en obetydlig inverkan av travningshöjden spåras för de tre lägsta grovleksklasserna. För det grövsta virket steg tidsåtgången klart, men betydligt svagare än vid enmansläggningen.

Den ur tidsmässig synpunkt optimala hanteringsvikten kan även utläsas ur fig. 25. För enmansläggning av 2 m- respektive 3 m-virket låg den optimala bitvikten emellan 30 och 40 kg respektive 40 och 60 kg. För tvåmansläggning synes optimalvikterna ligga ovanför den i försöken använda högsta vikt-klassen för såväl 2 m- som 3 m-virke (60 respektive 77 kg/bit).

I det praktiska fallet torde man grovt kunna räkna med att medelbitvikten vid huggning av 2 m-virke blir två tredjedelar av en medelbitvikt, som erhålles om samma virke hugges i 3 m längder. Nedanstående tabell 20 belyser prestationens förändring vid olika alternativ enligt denna förutsättning. Tabellen är baserad på figur 25.

**Tabell 20. På försöksresultaten grundad prestationsjämförelse mellan ströläggning av 2 och 3 m massaved av varierande grovlek under förutsättning att samma virkesparti kapas i 2 respektive 3 m längd.**

Comparison of output in the piling with intermediate logs of 2 and 3 m long logs of varying size.

Medelbitvikt när samma virke hugges i Average weight of logs in		Prestation i travade kg per minut av virke i Output, piled weight in kg. per min. of		Prestation vid travning av 2 m-längd i förh. till 3 m-längd Relation of output 2 m:3 m
3 m-längd 3 m length	2 m-längd 2 m length	3 m-längd 3 m length	2 m-längd 2 m length	
60	40	197	140	71
45	30	183	135	74
30	20	157	125	80
21	14	136	110	81
15	10	110	90	82

Tabellen antyder, att prestationen är 20—30 % lägre för 2 m-virke än för 3 m-virke under förutsättning att samma virke uppkapas i dessa två alternativa längder.

Som tidigare påpekats har ingen mätning av den energetiska belastning på försökspersonen i dessa arbetsförsök ägt rum. Av de tidigare redovisade dragnings- och travningsförsöken har dock framgått, att denna belastning synes stiga med stigande medelbitvikt samt att den optimala medelbitvikten synes vara lägre, när den energetiska belastningen lägges till grund än när prestationer per tidsenhet får utgöra kriteriet på optimalresultat. Då en högre energetisk belastning i redan förut tunga arbeten i praktiken torde resultera i ett ökat behov av vilopauser i arbetet, böra de i det föregående angivna optimalvikterna vid en praktisk tillämpning reduceras något. Likaså torde prestationssänkningen vid ströläggning av 2 m-virke vara något lägre än ovan angivna 20—30 %.

## H. Rullning (vältning) av virke under standardiserade förhållanden

Vid arbete på upplags- och lastplatser förekommer ofta arbeten vid vilka virket rullas, vanligtvis på särskilt utlagda underlag. Detta är exempelvis vanligt, när virke upplägges på land intill en flottled för torkning. Sådant hanteringsarbete har varit föremål för studier i ett standardiserat försök, anordnat på följande sätt:

På försöksfältet i Edsbro — alltså en torr gräsvall — utlades rullningsbanor bestående av slanor lagda på för ändamålet byggda bockar. Slanorna (underlagen) låg på en höjd ovan mark av 4—5 dm. Varje bana var 20 m lång och bestod av två parallella rader av slanor. Två sådana banor utlades på en svagt sluttande del av fältet så att den ena banan fick lutningen 3,0 % och den andra

4,5 %. Banorna bildade en vinkel mot varandra av ca  $90^\circ$  så att ena ändpunkten av en bana befann sig nära en ändpunkt av den andra. Slanorna voro helbarkade och så stadiga att de ej sviktade nämnvärt även när mycket tunga stockar rullades på banorna. Avståndet mellan de parallella slanorna kunde anpassas efter längden av det virke som rullades. Arbetaren kunde vid rullning gå på marken mellan slanorna. Markunderlaget var därför mycket



Fig. 27. Rullning av virke på de iordningställda banorna.  
Rolling of logs.

bättre än i vanligt arbete, då arbetaren ofta måste gå på ett underliggande lager av virke. Försökspersonerna fingo nu utföra rullning av virke av olika längd och grovlek på dessa banor. Vid försökets början befann sig försökspersonen vid de två banornas mötespunkt och virke var upplagt vid andra änden av en av banorna. Försökspersonen gick upp till virket samt började framrullning av virket på den bana, som detta var upplagt på. Han rullade — eller sköt framför sig — detta virke till banans ändpunkt (se fig. 27). Hantlangare vid banans startpunkt lyfte efterhand på mera virke och andra hantlangare vid dess slutpunkt tog hand om virket och lyfte det över till den andra banan. Försökspersonen rullade alltså virket på följande sätt:

- |                   |                   |
|-------------------|-------------------|
| 1) Nedför bana 1. | 3) Nedför bana 2. |
| 2) Uppför bana 2. | 4) Uppför bana 1. |

Helbarkat virke i fyra grovleksklasser av längderna 2, 3, 5 och 7 meter rullades. Härigenom erhöles  $4 \times 4 \times 4 = 64$  delförsök för var och en av de två försökspersonerna. En del av försöken upprepades därjämte som tvåmansarbete. Inga fysiologiska mätningar gjordes utan studierna inskränktes till detaljerade tidsstudier.

Resultaten av försöken framgår av fig. 28 och 29. I fig. 28 visas för de olika lutningarna prestationen i tonmeter per minut verktid för de olika virkeslängder och bitvikter och i fig. 29 jämföres prestationen för olika grovt virke i samma längdklass vid de fyra olika lutningarna. Ur dessa diagram kan utläsas, att försökspersonernas prestationer låg något under ca en tonmeter per minut om bitvikten understeg 10 kg oberoende av virkets längd. Ej heller banans lutning hade någon deciderad inverkan för det klenaste virket med 1—2" toppdiameter. Med tilltagande bitvikt steg prestationen ganska rätlinjigt. 7 m-virket och i viss mån även 2 m-virke syntes vid lika bitvikt vara något oförmånligare än 3- och 5 m-virket. Rullningsbanornas lutning hade ej något inflytande för bitvikter under ca 15 kg men med tilltagande bitvikter var fördelen med medlut alltmer framträdande. För det klenaste virket med mindre toppdiameter än 2" föredrogo försökspersonerna att skjuta ett antal bitar framför sig i stället för att rulla dem. Jämförande försök visade, att detta var rationellt. Så snart toppdiametern översteg 2—3" var dock rullning att föredraga.

Under försöken inträffade en regnvädersdag, varvid det helbarkade virket blev fuktigt och relativt halt. De försök, som utfördes i den fuktiga väderleken, ha uteslutits i bearbetningen. Det framgick dock, att prestationen steg avsevärt vid rullning i såväl med- som motlut av fuktigt virke av den klenaste dimensionen (under 2" toppdiameter), dvs för sådant virke som sköts på slannorna. Även vid rullning av grövre virke i medlut förmärktes en tendens till prestationsstegring i fuktig väderlek, medan i motlutsrullningen en sådan inverkan var mycket ringa. Några systematiska försöksserier för jämförelse av ytfuktigt och torrt helbarkat virke kunde dock ej anordnas.

I vissa försöksserier jämfördes enmans- och tvåmansarbete. Det framgick av dessa försök, att prestationen vid tvåmansarbetet var starkt avhängig av de två arbetarnas förmåga att samarbeta rationellt och förstå varandras intentioner. Då försökspersonerna hade liten vana av tvåmansarbete i denna typ av arbete, ha resultaten ansetts så osäkra att de ej redovisats. Man torde dock av försöken kunna dra slutsatsen att, när det gäller mindre van arbetskraft, enmansarbete är mera rationellt än tvåmansarbete. Tvåmansarbetet synes däremot under vissa omständigheter, exempelvis rullning av ej alltför grovt virke i lagom medlut, kunna vara en mycket effektiv arbetsform.

I en annan rapport (LUNDGREN och SUNDBERG, 1958) har resultat från andra rullningsförsök utförda vintertid på ett packat plant snölager redovisats.

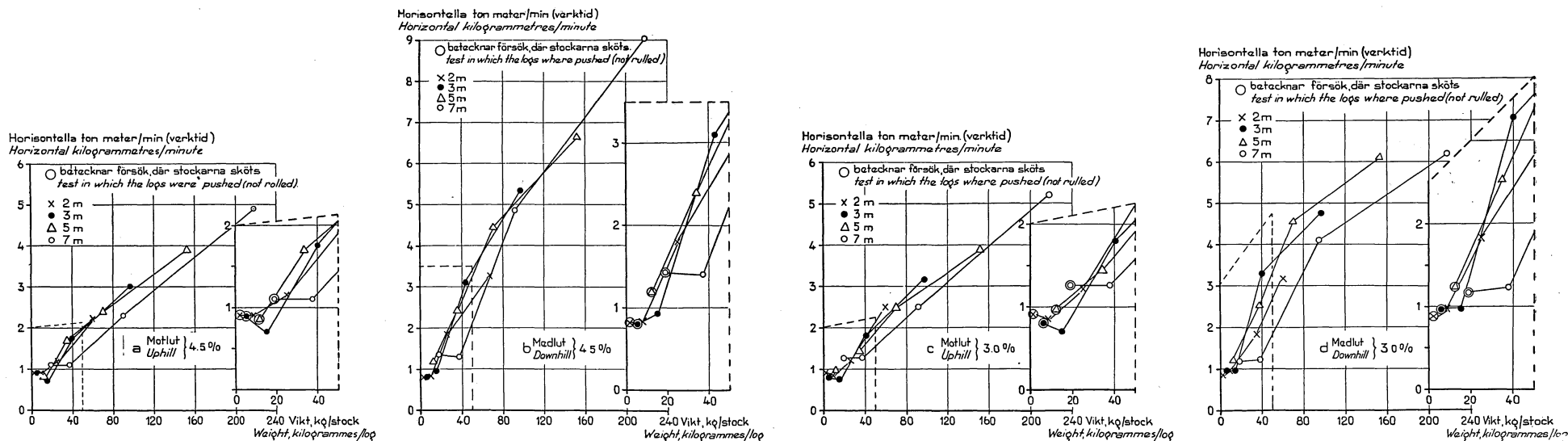


Fig. 28. Prestation vid rullning av virke av olika längd och grovlek. Medeltal av två försökspersoner. Försök har utförts i olika lutningar enl. följande a) medlut 4,5 % b) medlut 3,0 % c) motlut 3,0 % d) motlut 4,5 %.

Output at the manual rolling of logs of different lengths and diametres. Averages for two subjects. Tests are made with the following slopes a) downhill 4.5 % b) downhill 3.0 % c) uphill 3.0 % d) uphill 4.5 %.

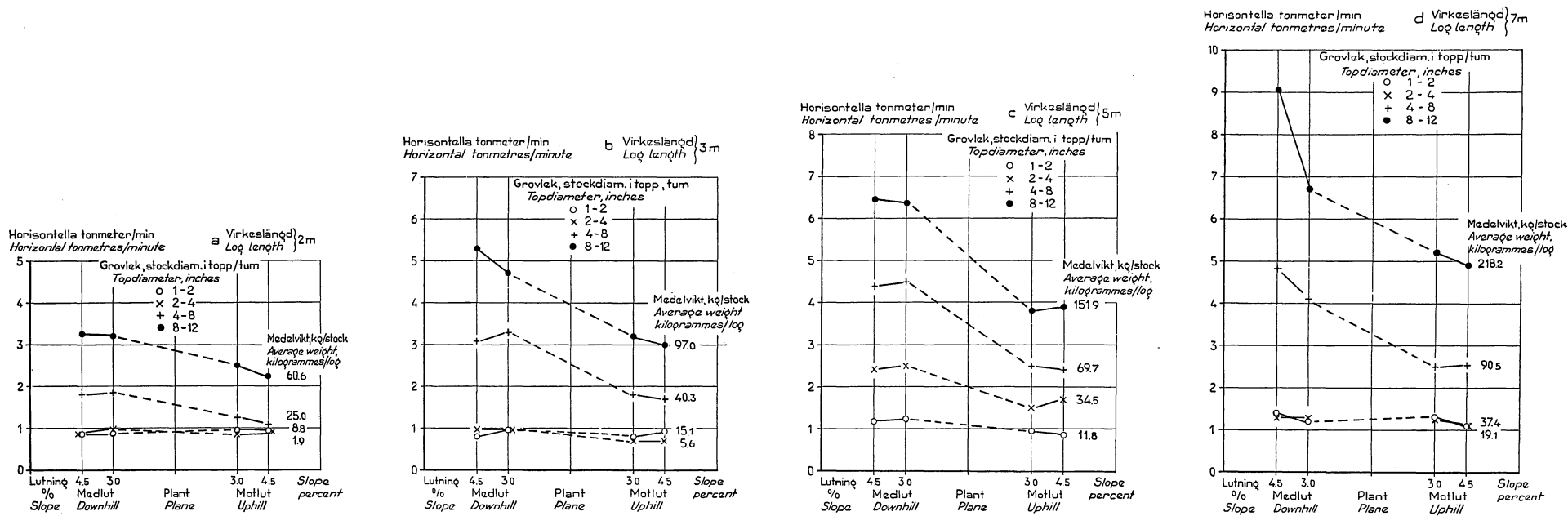


Fig. 29. Diagram utvisande lutningens inverkan på prestationen vid rullning av virke av olika längd och grovlek. Medeltal av två försökspersoner. a) virkeslängd 2 m b) virkeslängd 3 m c) virkeslängd 5 m d) virkeslängd 7 m.

Graphs showing the influence of the slope on the output at manual rolling of logs of different lengths and diametres. Averages for two subjects. a) log lengths 2 metres b) log lengths 3 metres c) log lengths 5 metres d) log lengths 7 metres.

Stockarna rullades härvid på slanor vars överkant låg 20—25 cm ovan markplanet. Fysiologiska mätningar utfördes jämväl och prestationen har därför kunnat anges vid en fixerad arbetsintensitet, som valt att motsvara en syreupptagning av 2 l O<sub>2</sub>/min. Vid dessa senare mätningar registrerades en rullningsprestation av ca 2 tonm. per minut vid en bitvikt av 100 kg. I Edsbroförsöken, där rullningen utfördes under mera »bekväma» förhållanden, varierade prestationen för motsvarande bitvikt mellan 2,5 och 5 tonm. per minut beroende på rullningsbanans lutning.

## I. Sortering under standardiserade förhållanden av virke i vatten

### I. Undersökningens ändamål

Undersökningen genomfördes tiden 25—30 september 1955 i Kvitsle skilje i Ljungan och hade i huvudsak två syften:

- a) att studera sambandet mellan virkets dimension — framförallt längden — och prestationen vid sortering. Framförallt skulle betydelsen av en inblandning av 3 m standardlängder i de hittills brukade fallande längderna belysas. *Det förutsattes härvid, att 3 m-virket togs in i de för fallande längder dimensionerade huvudkanalerna uppblandat i den övriga virkesmassan.*
- b) att bestämma arbetstyngden för olika arbeten inom ett skilje.

Det bör framhållas, att undersökningen var av orienterande karaktär med syftet att tjäna såsom underlag för diskussion och för planläggning av kommande försök.

Med särskild hänsyn till inblandningen av 3 m-längder i fallande längder synes virkesdimensionen inverka på prestationen vid sortering på i huvudsak tre sätt:

- a) Virkets dimension påverkar själva indragningsarbetet, så att tiden per bit för indragning ökar med ökande volym (vikt) hos virket. Indragningstiden per volymenhet minskar däremot med ökande volym.
- b) Volymen virke, som under en viss tid kan flyta fram i en kanal, är beroende av dels diametern och dels längden på de enskilda stockarna, förutsatt att vattnets strömhastighet och kanalbredden är konstant. Om längden hålles konstant minskar den per tidsenhet genomströmmande virkesmassan med minskande diameter hos virket. Om diametern hålles konstant och virkeslängden varieras, är den genomströmmande virkesmängden beroende av hur virke av olika längder förmår utnyttja vattenytan i kanalen. I detta speciella fall, när alltså en viss del av kubikmassan har apterats i 3 m längd och blandats med virke i fallande längd, är diametern approximativt oförändrad.

- 3 m-virket kan, om det blandas in i det övriga virket, i mindre grad än de fallande längderna utnyttja hela kanalbredden. Enstaka 3 m-bitar blandat med virke med en medellängd av ca 19 fot åstadkommer tomrum i virkesmassan, vilket medför, att volymen virke, som på en viss tid flyter genom kanalen, minskar. Endast i undantagsfall torde två stycken 3 m-bitar komma flytande ända i ända.
- c) Huvudkanalen är dimensionerad efter de längsta förekommande fallande längderna (27 fot). Om indragningen sker endast från en sida, ökar antalet bitar, som passerar indragaren utan att han kan nå dem, med minskande längd på virket.

## 2. Försöksmetodik

Försöken genomfördes i form av modellförsök i den 9 m breda huvudkanalen i Kvitsle skilje.

Ca 225 helbarkade massavedbitar med en medellängd av  $24,2 \pm 2,4$  fot utvaldes för försöken. Detta virke ordnades sedan i kanalen vinkelrätt mot kanalens riktning med bitarna intill varandra. Virket fick sedan flyta ned till en brygga, där det drogs in i ett mått. Härvid låg virket draget mot den sida av kanalen, där indragaren stod. Virket matades fram i tre olika hastigheter. Den högsta hastigheten avpassades därvid så, att indragaren precis hann draga in varje stock, som kom flytande.

Virket kapades därefter på mitten, varefter försöken upprepades med de så erhållna i medeltal 12,1 fot långa bitarna. Slutligen kapades virket ännu en gång på mitten och med de 6,1 fot långa bitarna upprepades samma försök.

Varje enskilt försök utfördes enligt följande. Under en s. k. förarbetsperiod på 2—6 min. fick försökspersonen arbeta i en arbetshastighet, som varierades mellan olika försök genom att hantlangare släppte fram virke i olika takt. Under det att försökspersonen bibehöll samma arbetshastighet som under förarbetsperioden uppsamlades sedan utandningsluften med Douglassäck under en tid av 2—6 minuter. Samtidigt registrerades tidsåtgången och antalet indragna bitar.

Med 12,1 fot- och 6,1 fot-längderna utfördes även följande försök, vart och ett föregånget av en förarbetsperiod. Virket ordnades så, att hela kanalbredden fylldes. Bitarna orienterades vinkelrätt mot kanalens riktning och fördelades ungefär jämnt över hela kanalens bredd. Virket fick så flyta mot indragningsbryggan, där indragaren drog ut så många stockar han hann med. Härvid registrerades antalet indragna bitar, antalet bitar, som passerade indragaren, den totala tidsåtgången samt syreförbrukningen. För att göra försöket så verklighetstroget som möjligt användes under försöken den väjer, som kan bringas att släpa mot virket i kanalen och som används under det normala sorterings-



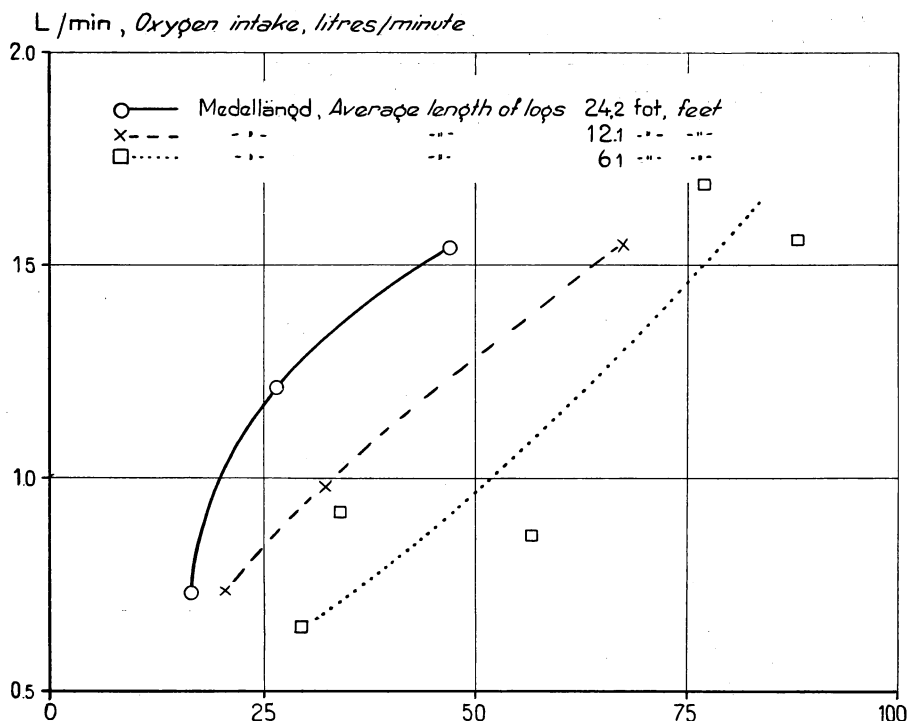


Fig. 30. Resultat av studier över sortering i vatten. Samband mellan antalet indragna virkesbitar och syreförbrukningen vid olika virkeslängder. (Horisontell axel = antalet dragna bitar per minut.)

Results from the tests on manual assorting in water. Correlation between number of logs assorted and oxygen intake. Horizontal axis = number of logs pulled out per minute.

arbetet för att reglera virkets hastighet. Virket flöt därför under försöken fram ungefär med samma hastighet som under normalt arbete (ca 17 m/min).

Försökspersonen B. B. (se tabell 1) hade mångårig erfarenhet i sorteringsarbetet och ansågs vara en mycket skicklig yrkesman.

### 3. Resultat

Av de försök, som genomfördes i tre arbetshastigheter med virket draget mot den del av kanalen där indragaren stod, utfördes dubbelförsök på 6,1 fotsvirket för den högsta och mellersta arbetshastigheten. Tiden medgav ej dubbelförsök för de övriga alternativen. Resultaten av dessa försök redovisas i diagramform i fig. 30 och 31. Resultaten av dubbelförsöken har markerats i figurerna. Den relativt stora skillnaden mellan dubbelförsöken tyder på att ytterligare försöksmaterial måste insamlas för att de erhållna sambanden skola verifieras. Tendenserna är emellertid tydliga.

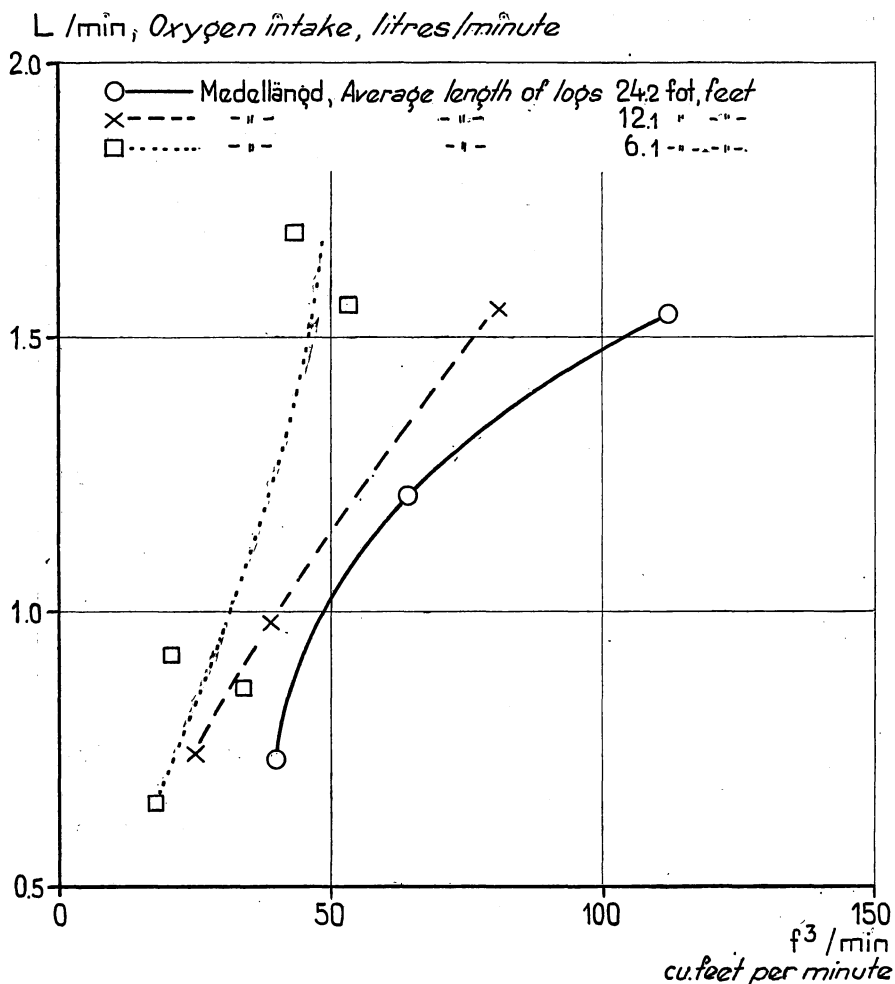


Fig. 31. Resultat av försök med sortering med vatten av virke. Samband mellan antalet indragna kubikfot och syreförbrukning vid olika virkeslängder.

Results from the tests on manual assorting of logs in water. Correlation between number of logs assorted and oxygen intake.

Med hjälp av sambanden i figurerna 30 och 31 är det möjligt att jämföra prestationen vid indragning av virkeslängderna 24,2, 12,1 och 6,1 fot vid samma arbetsintensitet, uttryckt i liter syreförbrukning per minut. Antalet indragna bitar respektive kubikfot per minut för de tre undersökta virkeslängderna vid en hög, en medelhög och en låg arbetsintensitet, motsvarande en syreförbrukning av respektive 1,55, 1,15 och 0,75 liter per minut, framgår av fig. 32 och 33. Dessa samband kunna användas till en jämförelse av prestationen vid indragning av 19 fot och 10 fot långt virke. Om antalet indragna

**Tabell 20 A. Den relativa prestationen vid skiftande arbetsintensitet vid indragning av 10 fot-virke, om prestationen med 19 fot-virke = 100.**

Arbetsintensitet	Indragna bitar per minut		Indragen kubikmassa per minut	
	19'	10'	19'	10'
Hög	100	127	100	69
Medelhög	100	150	100	80
Låg	100	139	100	74

bitar och indragen kubikmassa per minut av 19 fot-virket åsättes talet 100 erhålles de i tabell 20 A redovisade relationstalen för 10 fot-längderna.

Av tabell 20 A framgår, att försökspersonen dragit in 26—50 % fler bitar av enbart 10 fot-längder än av enbart 19 fot-längder. Om prestationen i stället räknas i volym per tidsenhet har han av 10 fot-virket dragit in 69—80 % av den kubikmassa som drogs in av 19 fot längderna.

De försök, som genomfördes med hela kanalbredden fylld av fritt framflytande virke, syftade till att bestämma den andel av den totala kubikmassan försökspersonen hann draga in vid olika längd på virket. Virket fick härvid flyta mot indragaren med en hastighet, som i det närmaste skulle svara mot den vid normalt sorteringsarbete förekommande hastigheten.

Av virkeslängderna 12,1 fot och 6,1 fot hann försökspersonen draga in 42,5 respektive 28,6 % av den totala virkesmassan. Såsom ovan nämnts utfördes icke dessa försök med 24,2 fot-längderna. Vissa beräkningar på basis av de tidigare redovisade försöken gör det troligt att försökspersonen kunnat draga in ca 68 % (113 av 174 f<sup>3</sup>/min.) av den totala virkesmängden av 24,2 fots virket.

I diagrammet i fig. 34 har de på ovan beskrivet sätt erhållna värdena för sambandet mellan virkeslängden och andelen indragen kubikmassa av den totala lagts in och en grafisk utjämning gjorts. För 19 fot och 10 fot långt virke erhålles en indragningsprocent på ca 57 % respektive ca 39 %.

Det förtjänar än en gång att påpekas, att studierna var av orienterande karaktär, varför undersökningsmaterialet är relativt knapphändigt. Generella slutsatser angående virkesdimensionens inflytande på prestationen vid sorteringsarbetet bör därför dras med försiktighet.

Alla ovan relaterade försök har genomförts såsom modellförsök, varvid endast det renodlade indragningsarbetet studerats. Någon syning av virket har således icke skett.

#### 4. Arbetstyngden för olika arbeten i Kvitsle skilje

I samband med de ovan redovisade försöken utfördes även en kartläggning av arbetstyngden på olika arbetsplatser i skiljet. För att underlätta redovis-

Stockar/min , logs /minute

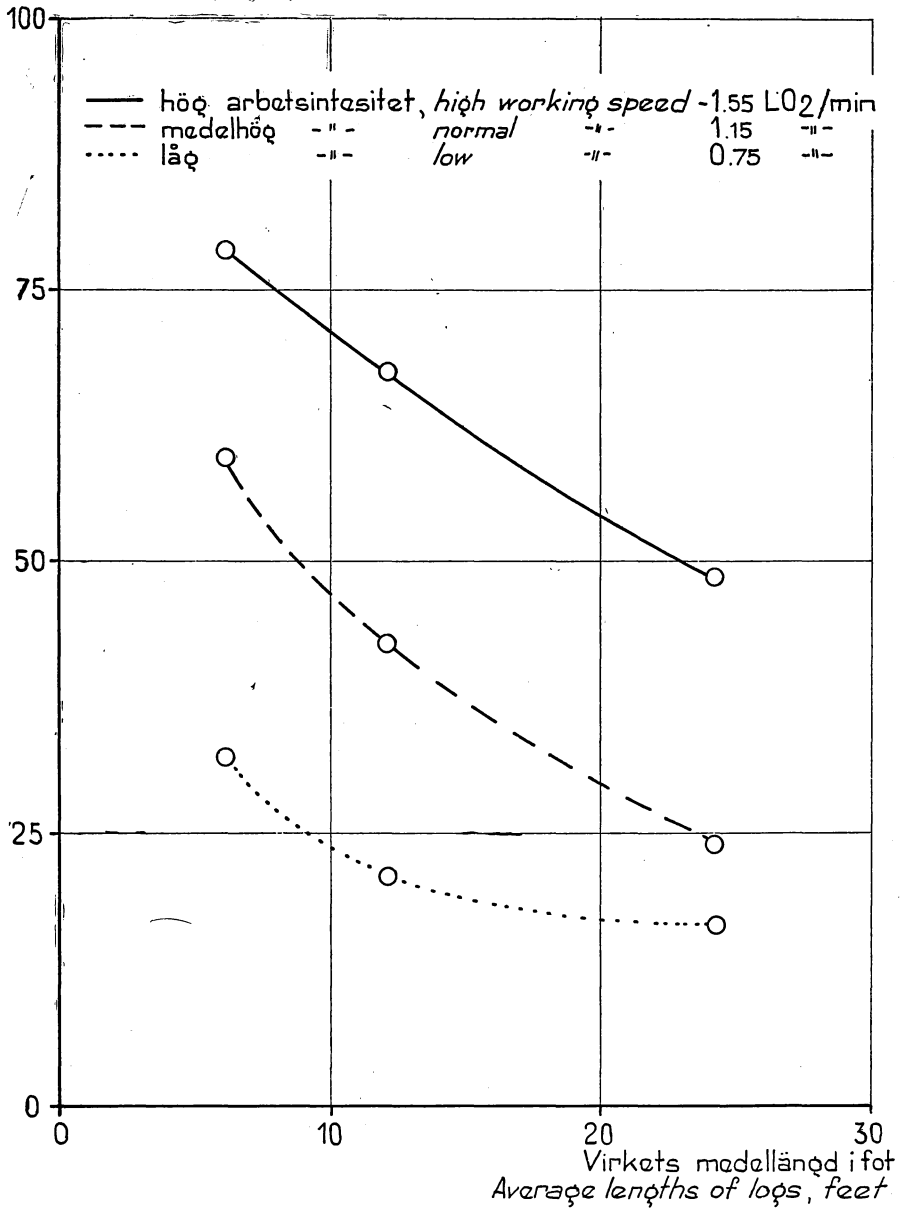


Fig. 32. Samband mellan antalet indragna bitar och virkets medellängd vid olika arbetsintensiteter.

Correlation between number of logs assorted and the average length of the logs, at different work intensities.

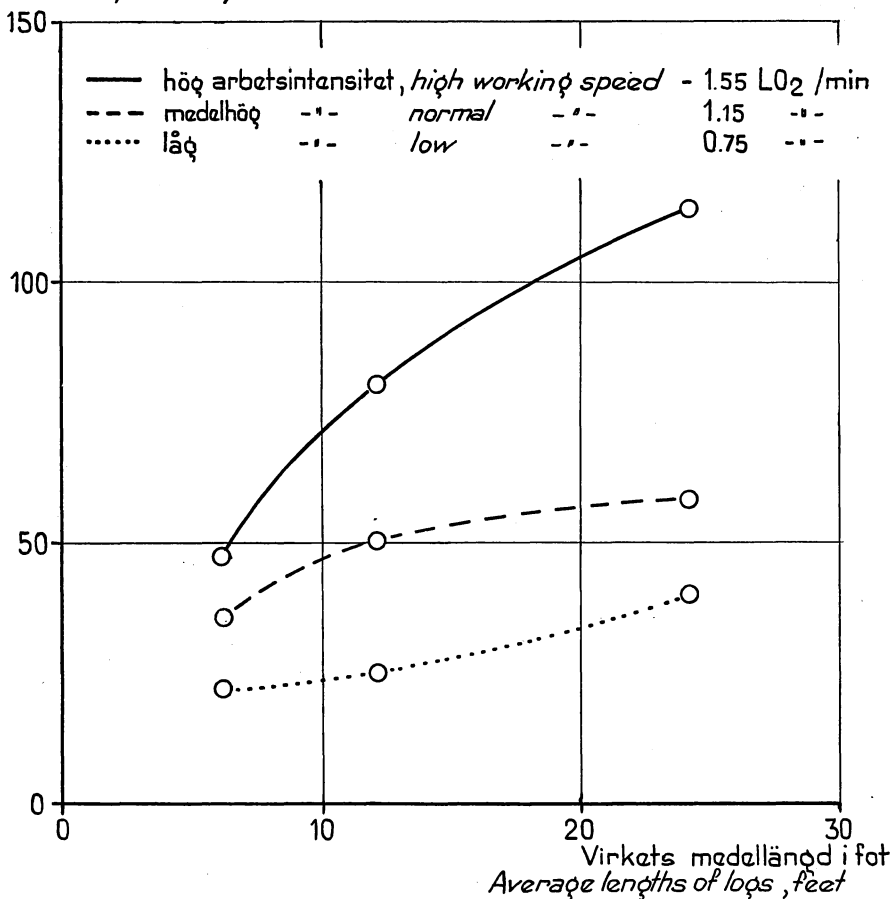
f<sup>3</sup>/min, cu. feet/minute

Fig. 33. Samband mellan indragna kubikfot och virkets medellängd vid olika arbetsintensiteter.

Correlation between number of logs assorted and the average lengths of the logs, at different work intensities.

ning härav lämnas följande korta beskrivning av skiljet: Virket tas in i två huvudkanaler benämnda A och B. De olika bryggorna utmed varje kanal numreras löpande uppifrån. Vid de tre översta bryggorna (nr:is 1—3) ordnas virket och bringas att flyta med strömmen med bitarnas längdaxel vinkelrät mot kanalens riktning. Vid de följande bryggorna sorteras virket och drages in i de olika facken. Kanalerna A och B förenas så småningom i en huvudkanal C. Denna får en ny löpande numrering med första bryggan efter sammanflödet av A och B som nr 1.

I regel har försöken tillgått så, att en och samma försöksperson har fått avlösa de ordinarie arbetarna på de aktuella platserna. I ett fall (indragare 1

Indragen kubikmassa, Assorted volume of total  
%

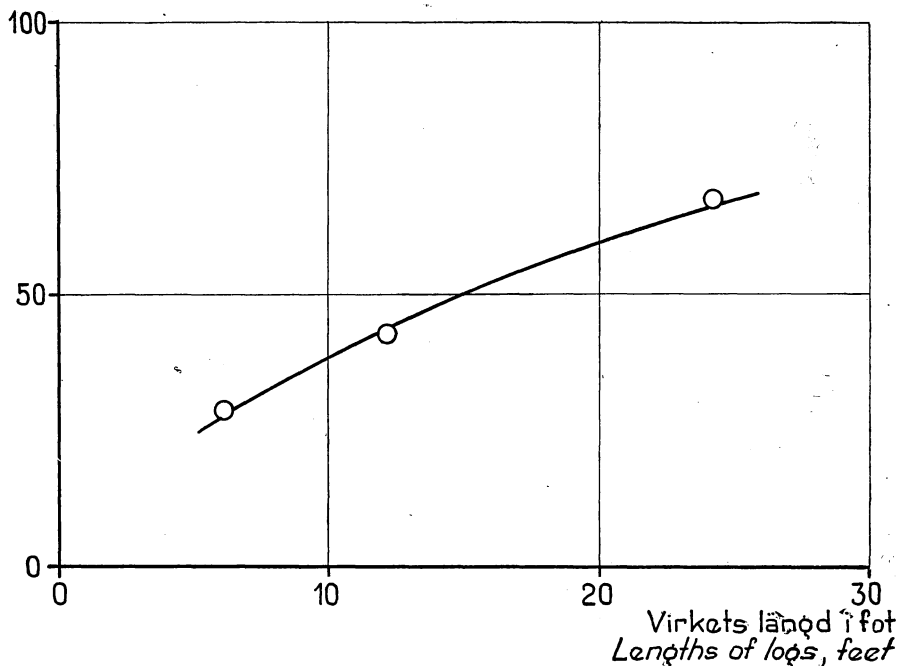


Fig. 34. Sambandet mellan indragen kubikmassa i % av den totala och virkeslängden vid konstant strömningshastighet hos vattnet och maximal arbetshastighet.  
Correlation between assorted volume in percent of the total volume and the length of the wood at constant speed of the water and maximal speed of work.

på brygga 4 A) studerades såväl försökspersonen som den ordinarie arbetaren. Vid varje försök registrerades syreförbrukning och tidsåtgång. Vid studium av indragningsarbete noterades även antalet indragna stockar.

Mätningar utfördes för följande arbeten inom skiljet:

*Insättning:* Insättningsarbetet omfattar ordnandet av virket vid de tre översta bryggorna i kanalerna A och B. Försökspersonen fick arbeta på bryggan 1 A.

*Indragning:* Indragningsarbetet studerades vid tre bryggor. Vid två av bryggorna, 4 A och 7 A, drogs massaved in och vid 6 C timmer. Bryggan 4 A var en s. k. »rusbrygga», vilket innebär att en stor procent av virket där tas in. På bryggan arbetade två indragare och en synare (se nedan) och arbetstakten var hög. Försökspersonen fick arbeta på alla tre platserna. Dessutom registrerades syreupptagningen på den av de ordinarie indragarna som stod överst på bryggan (indragare nr 1). Brygga 7 A, som var en av skiljets lugnaste bryggor, betjänades endast av en indragare.

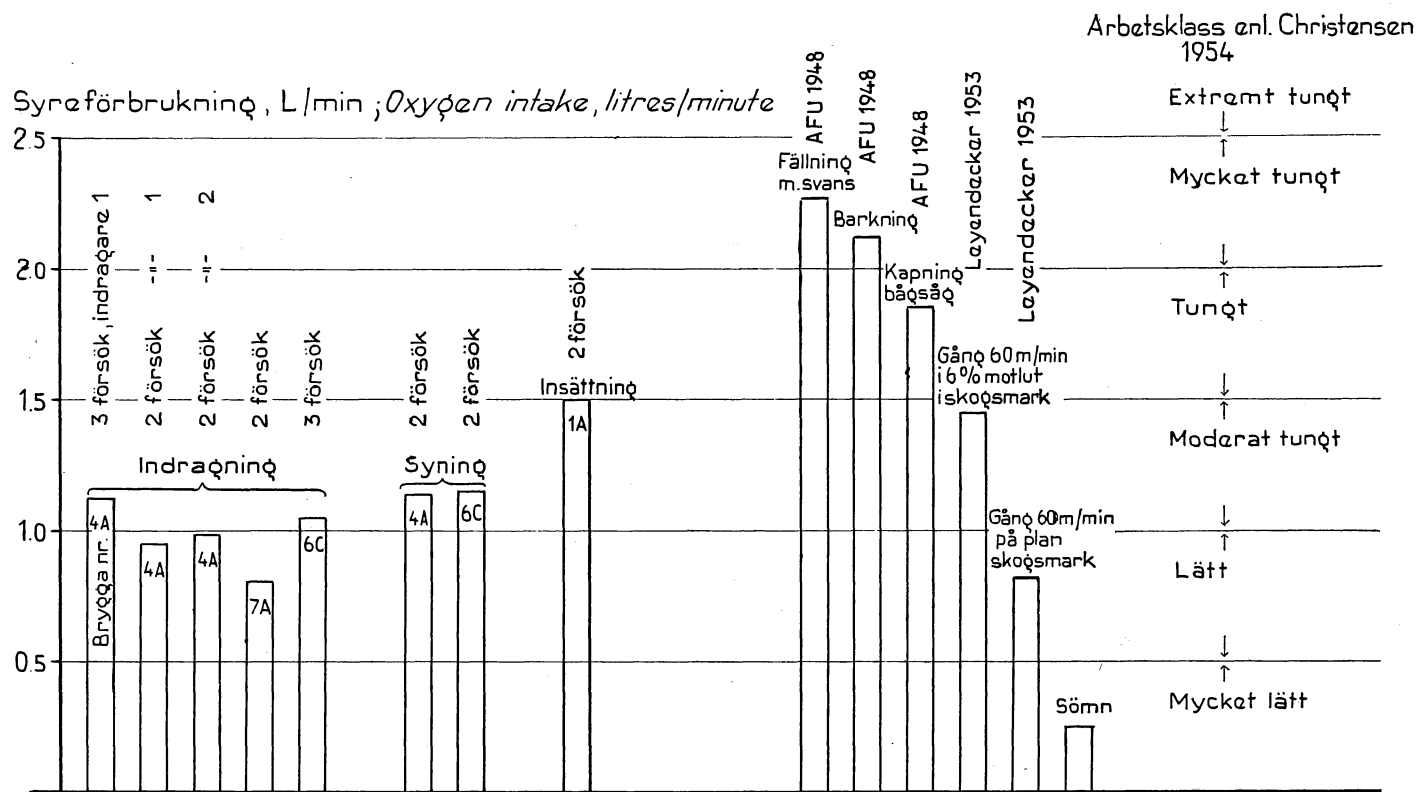


Fig. 35. Resultat av mätningar av den fysiologiska belastningen på olika arbetsplatser i sorteringen, samt jämförelse med skogsarbete. Results of the measurements on the physiological work load at different working stations in the assorting place, and comparison with felling. Assorting: left side of diagram. Felling: right side.

Syreförbrukning, L/min, *Oxygen intake, litres/minute*

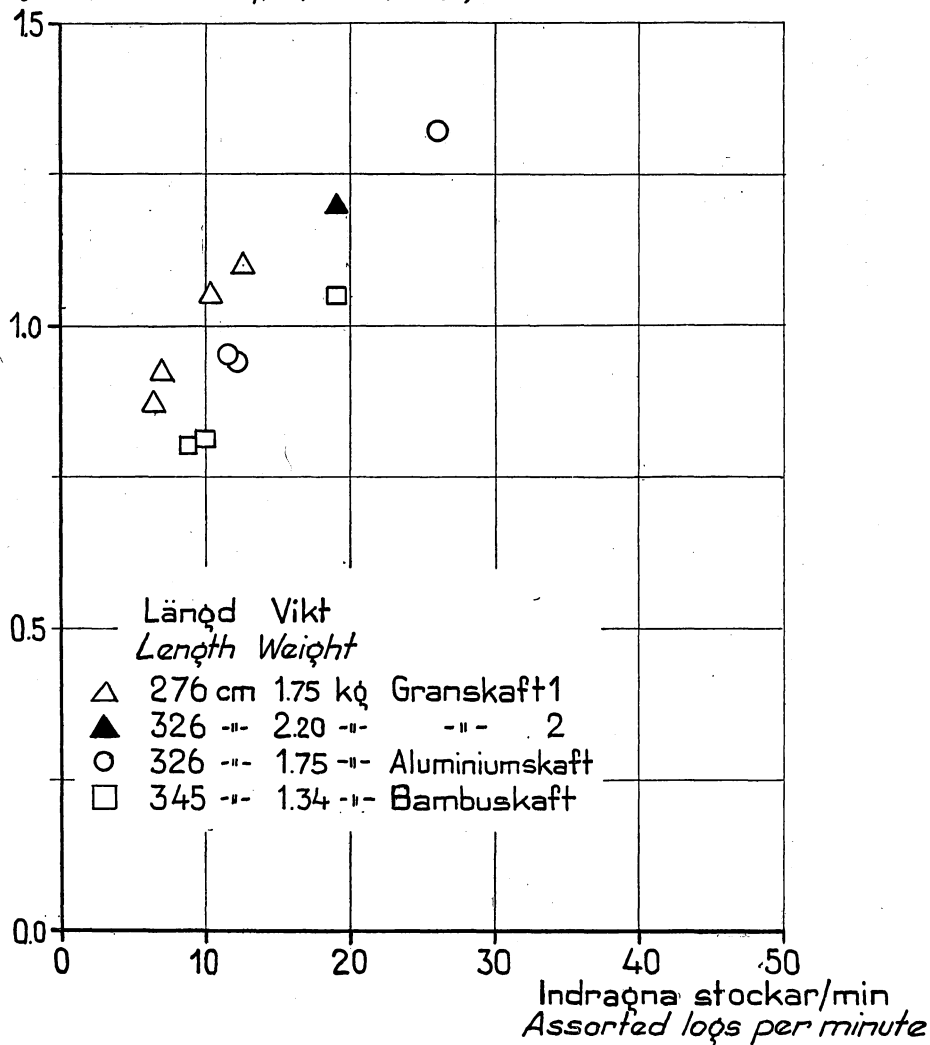


Fig. 36. Syreupptagning vid arbete med olika hakskaft i indragningsarbete.

Oxygen intake for work with different tool shafts at the manual assorting of logs in water.

*Syning*: På vissa bryggor får indragarna hjälp av en s. k. synare, som har till uppgift att granska märkningen på stockarna och göra indragarna uppmärksamma på vilka stockar, som skall dragas in. Syningsarbetet granskades på bryggorna 4 A och 6 C.

Den i medeltal erhållna syreförbrukningen för olika arbeten har illustrerats i form av ett stapeldiagram i fig. 35. Antalet försök, som ligger till grund för



varje medeltal har angivits. I detta diagram har även inritats gränserna för olika tunga arbeten enligt det system att klassificera arbetstyngden, som utformats av CHRISTENSEN (1953). Dessutom visas till jämförelse arbetstyngden för några vanliga typer av arbeten.

Av fig. 35 framgår, att indragningsarbetet på rus- och timmerbryggor ligger på gränsen mellan lätt och moderat tungt arbete. På »lugnare» bryggor är indragningen ett lätt arbete. Syningsarbetet kunde under försöken betecknas såsom moderat tungt. Det enligt uppgift tyngsta arbetet inom skiljet — insättningen — låg under försöken på gränsen mellan moderat och tungt arbete. Det bör dock tilläggas, att skiljningsarbetet i regel är ett mindre omväxlande arbete än exempelvis huggning och att vissa muskelgrupper synes bli föremål för en ganska hög belastning. Trots att arbetet ej är statiskt, bidraga dessa förhållanden troligen till att arbetaren uppfattar arbetet som mera tröttande än vad energetiska mätningar av denna typ indikera.

##### 5. En jämförelse mellan hakar av olika tyngd

För att undersöka i vilken grad hakskaftets tyngd inverkar på syreförbrukningen vid indragningsarbete, jämfördes hakskaft av gran, aluminium och bambu. Granskaften äro de brukliga, men även aluminiumskaft förekommer. Med dessa tre typer av hakar fick försökspersonen arbeta som indragare nr 1 på bryggan A. Under försöken registrerades syreförbrukningen och antalet indragna bitar. Resultaten redovisas i fig. 36.

Såsom av diagrammet framgår föreligger en klar tendens till sjunkande syreförbrukning med minskande vikt på hakskaftet.

## Kap. II. Kalkyler över tidsåtgång och syreförbrukning vid hantering av virke, apterat i olika längder

### A. Kalkyler på enskilda träd

#### 1. Kalkylernas utförande

De i det föregående redovisade försöken ha planlagts så, att resultaten av dem skulle möjliggöra kalkyler över såväl tidsåtgång som syreförbrukning vid hantering av virke av varierande grovlek, apterat i vilken som helst längd mellan 1 och 7 meter. Innan sådana kalkyler framläggas, bör dock några kommentarer göras rörande det här redovisade försöksmaterial, de grundas på.

I denna rapport redovisade försök äro modellförsök. Kalkylmaterialet är sålunda ej hämtat från i ordinär skogsdrift utförda arbetsoperationer. I modellförsöken ha dock de i drivningsarbetet förekommande manuella hanteringsoperationerna efterliknats så långt detta varit möjligt. Då avsikten varit att få fram det renodlade inflytandet av virkesdimensionerna — längd och diameter — på tids- och energiåtgång ha försöken standardiserats i mycket hög grad. De betingelser under vilka försöken utförts ha därför i regel varit de gynnsammast möjliga för arbetsoperationen i fråga. Varje försök har i regel också varit av relativt kort varaktighet (mindre än 10 minuter), vilket betingats av att arbetsfysiologiska mätningar över energiåtgången i arbetet f. n. ej kan utföras under längre tidsperioder med för denna undersökning tillfredsställande precision. Erfarenheter från dessa och andra försök ha i allmänhet visat att i kortvariga arbeten arbetaren i regel väljer en högre arbetstakt, än om arbetet består av längre, sammanhängande perioder.

På grund av ovan åberopade omständigheter få de prestationer, som kommit fram i försöken, anses vara väsentligt högre än vid liknande arbeten i praktiska livet. Likaså torde den beräknade energiåtgången per uträttad arbetsenhet vara lägre än i normalt arbete, bl. a. beroende på de standardiserade försöksbetingelserna, där i regel många i praktiken förekommande försvårande terrängfaktorer o. dyl. helt eliminerats.

Försöken ha emellertid ej i första hand syftat till att erhålla absoluta värden på tids- och energiåtgång för olika manuella hanteringsoperationer. Syftet har i stället varit att göra en jämförelse mellan åtgången i olika apteringsalternativ, främst beträffande alternativa virkeslängder. Huruvida de vid en sådan

jämförelse erhållna tids- och energiförbrukningsrelationerna äro relevanta för praktisk drift, skall diskuteras i ett efterföljande avsnitt.

Efterföljande kalkyler ha utförts på följande sätt. Träd av normal form har utvalts så att stamhöjden från stubbskåret till den punkt på stammen där diametern under bark utgjort 3 eng. tum, har blivit 4, 5, 6, 8, 9, 12, 15 och 18 m. Denna stamhöjd kallas i fortsättningen gagnvirkeslängd. Med ledning av Edgren—Nylinders funktioner (EDGREN, NYLINDER, 1948) ha dessa träd apterats upp i virkesbitar av skiftande meterlängder. Volymen och vikten av varje sådan bit har därefter uträknats. Med ledning av de i tabell- och diagramform tidigare framlagda försöksresultaten har tids- och energiåtgång kunnat erhållas för olika hanteringsoperationer av dessa uppapterade virkesbitar. Förfaringssättet framgår närmare av nedanstående beskrivning:

*Dragning:* Såväl tids- som energiåtgång har beräknats för en dragningssträcka av 8,4 m. Härvid ha diagrammen i fig. 13 använts, vilka utgöra en sammanställning av dragningsförsöken. Interpoleringar mellan kurvorna ha gjorts för att erhålla värden för virkeslängder utgörande multiplar av en meter. Medelbitvikten för bitar erhållna vid apteringen av varje träd ha använts som ingångsvärden, enär försöken utförts på en population av bitar erhållna på liknande sätt. Undantag härifrån utgör kurvan för 7 m virket. Då denna kurva emellertid är mycket flack, kan det fel, som f. ö. uppkommer endast för virke ur träd med en gagnvirkeslängd överstigande 14 m, försummas.

*Travning:* Såväl tids- som energiåtgång har beräknats på basis av diagrammen i fig. 21. Interpolering har gjorts för att erhålla värden för 4 m virke. Då travningsförsöken utförts på virke med praktiskt taget samma bitvikt i varje försök har avläsning på kurvorna gjorts för varje bit som erhållits vid den ovan beskrivna apteringen. — Travningsförsöken ha vidare utförts vid tre olika travningshöjder och en kalkyl har därför gjorts för travning till var och en av dessa höjder. Tids- resp. energiåtgången har sedan summerats, varför efterföljande resultat avser tre travningsoperationer till höjderna 10—20 cm, 70—80 cm och 120—130 cm.

*Ströläggning:* Endast kalkyler över tidsåtgång vid ströläggning av 2 och 3 m virke ha utförts, enär energimätningar saknas. Diagrammen i fig. 25 ha använts. I analogi med vad ovan sagts under »Travning» har avläsning på diagrammen gjorts för varje bit, som erhållits vid apteringen.

*Rullning:* Endast kalkyler över tidsåtgången vid rullning ha utförts med användning av diagrammen i fig. 28. I analogi med vad ovan sagts under »Travning» har avläsning på diagrammen gjorts för varje bit, som erhållits vid apteringen. Kalkyler ha gjorts för var och en av de fyra banlutningar, som rullningsförsöken utförts på, varefter tidsåtgången summerats.

Resultaten från sorteringsförsöken i Kvitsle äro så begränsade, att de ej medge kalkyler av detta slag.

## 2. Kalkylresultat

Resultaten av dessa kalkyler redovisas i stapeldiagram över tids- respektive energiförbrukningen per kilogram virke (fig. 37—39). Till dessa diagram fogas följande kommentarer.

*Dragning* (fig. 37): Såväl tids- som energiåtgång per presterad arbetsenhet ökas ju mera virket kapas upp. Tidsåtgången per enhet ökas mera vid en sådan uppkapning än energiåtgången. En markerad försämring av arbetsprestationen sker vid uppkapning i en meters längd.

*Travning* (fig. 38): För träd med en gagnvirkeslängd understigande ca 10 meter medför en uppkapning försämrad prestation, särskilt vid uppkapning till en meters längd. Prestationsminskningen är dock väsentligt mycket mindre än vid dragningsarbete. För träd med en gagnvirkeslängd överstigande ca 10 m avtager skillnaderna i prestation mellan olika virkeslängder och ur energisynpunkt medför t. o. m. i vissa fall kapningen av dessa träd en förbättrad arbetsekonomi. Detta förhållande sammanhänger med att alltför höga bitvikter äro ogynnsamma för travningsarbete, särskilt när travningen inrymmer ett lyftande av virkesbiten till en höjd överstigande ca en halv meter.

*Ströläggning*: Enär ströläggningsförsöken endast omfattar 2 och 3 m virke kan samma kalkyler som ovan gjorts för dragning och travning ej utföras. Ströläggning är emellertid en arbetsoperation, som påminner om travning. De för detta arbete erhållna sambanden torde därför kunna vara vägledande även för ströläggning av virkeslängderna 1, 5 och 7 m. — I övrigt hänvisas till Kap. I, punkt G, sid. 59—64, där ströläggningsförsöken redovisats och jämförande kalkyler mellan ströläggning av 2 och 3 m virke gjorts. Dessa senare kalkyler visade, att prestationen vid försöken var 20—30 % lägre vid ströläggning av 2 m-virke i jämförelse med 3 m-virke. Med stor sannolikhet var dock den energetiska belastningen på arbetaren högre vid arbete med 3 m-bitar än vid arbete med 2 m-virket.

*Rullning*: I fig. 39 ha kalkylresultaten för rullning i de två medluts- och två motlutsbanorna sammanslagits. Sammanlagda rullningssträckan utgör 80 m fördelad på 20 m medlut 4,5 %, 20 m medlut 3,0 %, 20 m motlut 3,0 % och 20 m motlut 4,5 %. Som framgår av diagrammen ökas tidsåtgången starkt vid en uppkapning av virket.

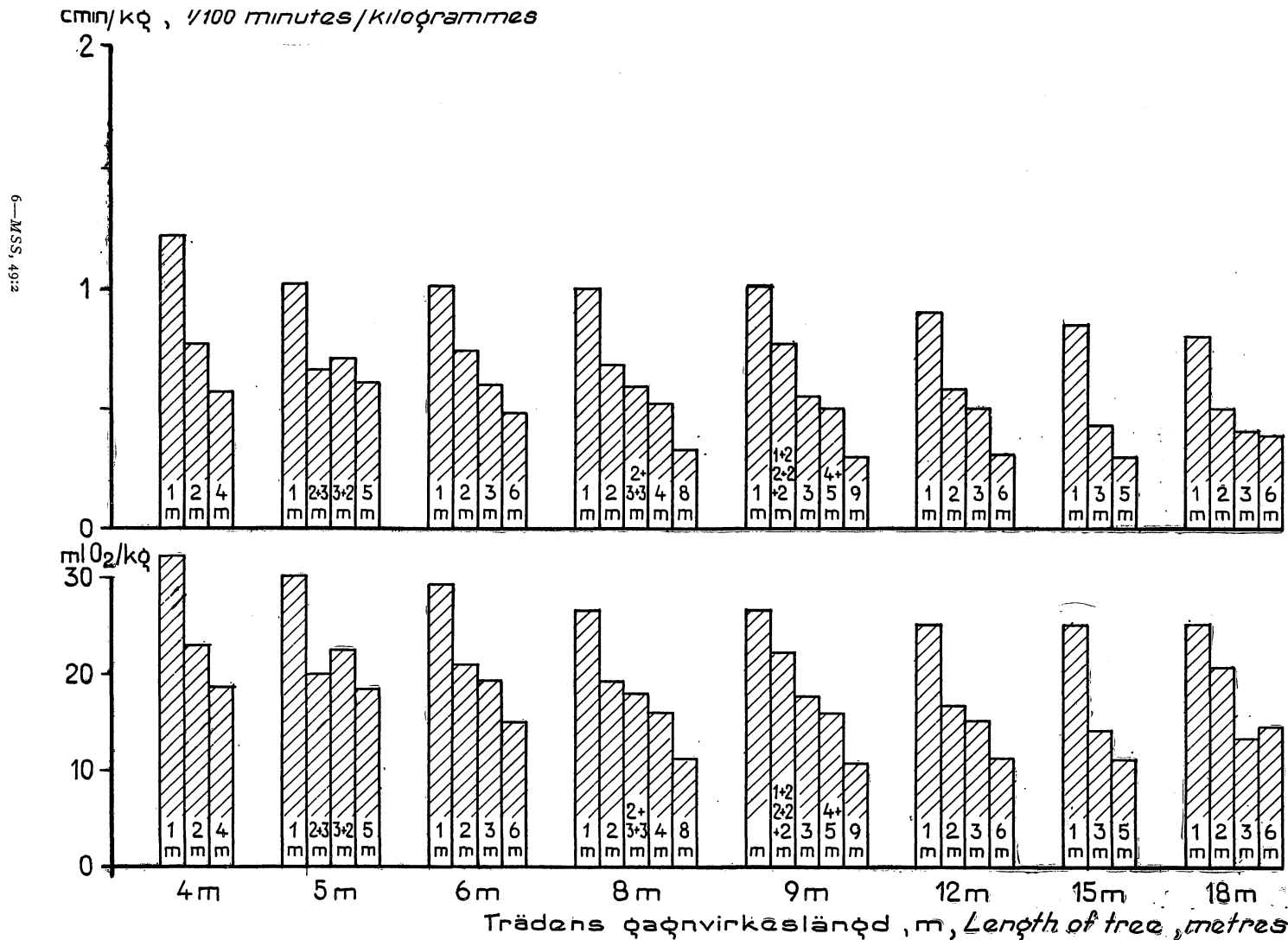
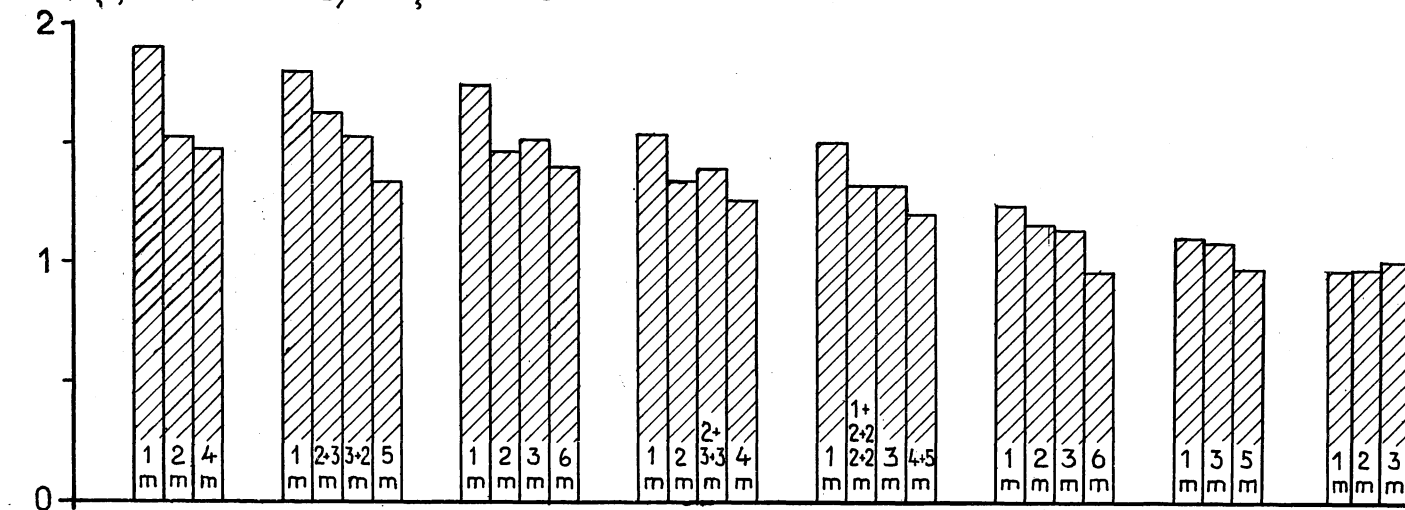


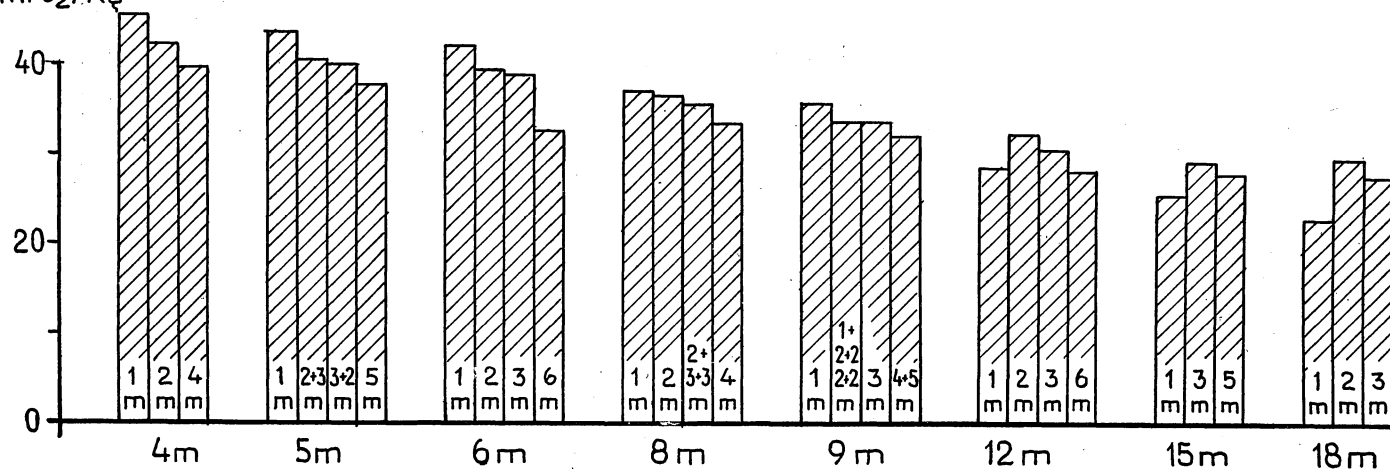
Fig. 37. Resultat av kalkyl över tids- och energiåtgång vid dragning av virke en sträcka av 8,4 m. Träd med en given virkeslängd uppkapade i olika längder.

Results of an estimate on time and energy consumption at the manual dragging of logs a distance of 8.4 metres. Trees of a certain height are cut in different lengths.

cmin/kg, 1/100 minutes/kilogramme



ml O<sub>2</sub>/kg



Trädens gaqnvirkeslängd, m, Length of tree, metres

Fig. 38. Resultat av kalkyl över tids- och energiåtgång vid travning av virke. Summan av tre travningsoperationer till höjderna 10—20 cm, 70—80 cm och 120—130 cm. Träd med en given virkeslängd uppkopade i olika längder.

Results of an estimate on time and energy consumption at the manual piling of logs. The sum of three piling operations to the heights of 10—20 cm, 70—80 cm and 120—130 cm. Trees of a certain height are cut in different lengths.

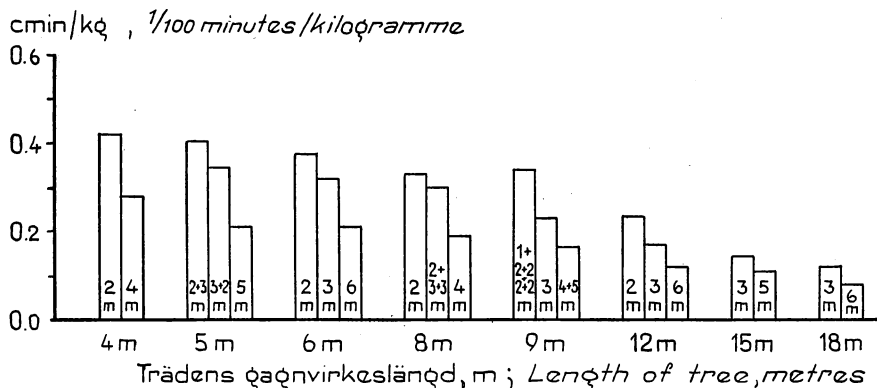


Fig. 39. Resultat av en kalkyl över tidsåtgång vid rullning av virke, 4 sträckor om vardera 20 m med olika lutningar (+4,5, +3, 0, —3,0 och —4,5 %).

Results of an estimate on time consumption at the manual rolling of logs on 4 different stretches of 20 metres each with varying slopes (+4.5, +3.0, —3.0 —4.5 %).

## B. Kalkyler över hopdragning till olika punkter av virkesbitar ur ett och samma träd

Vid huggning förekommer ofta, att huggaren utför en viss hopdragning av de upparbetade virkesbitarna. Exempelvis är hopdragning i högar om 3—5 bit en vanlig föreskrift i gällande avtal och arbetsinstruktioner. Givetvis bör vid en rationell drift virket vid denna hopdragning transporteras i riktning mot befintliga eller blivande stickvägar. Om man emellertid tills vidare bortser från denna synpunkt, kan det vara av intresse att undersöka, till vilken punkt av det fällda trädet, som de utfallande virkesbitarna lämpligen bör dragas med hänsyn tagen endast till denna dragningsoperation. I viss utsträckning torde det sedan vara möjligt att vid fällningen dirigera träden så, att dragningsarbetet blir så gynnsamt som möjligt med hänsyn tagen även till stickvägarna och den efterföljande transporten med häst eller traktor.

I syfte att belysa denna fråga har följande kalkyl utförts. Ett tolv meters-träd har uppapterats i virkeslängderna 1, 2, 3 och 6 m. På basis av i det föregående redovisade resultaten av dragningsförsöken har sedan beräkningar utförts över tidsåtgång och energiförbrukning vid hopdragning av de utfallande virkesbitarna till olika punkter på trädet. På samma sätt har kalkyler utförts beträffande ett träd med gagnvirkeslängden 15 meter för apteringslängderna 1, 3 och 5 m. Resultaten framgå av fig. 40 A och B diagram a och b. För trädet med gagnvirkeslängden 12 m synes optimalpunkten för hopdragningsarbetet ligga på ett avstånd av ca 4—5 m från stubbskåret räknat. Detta gäller såväl ur tids- som energisynpunkt. För trädet med gagnvirkeslängden 15 m synes motsvarande optimaläge befinna sig på ett avstånd av 4,5—6 m

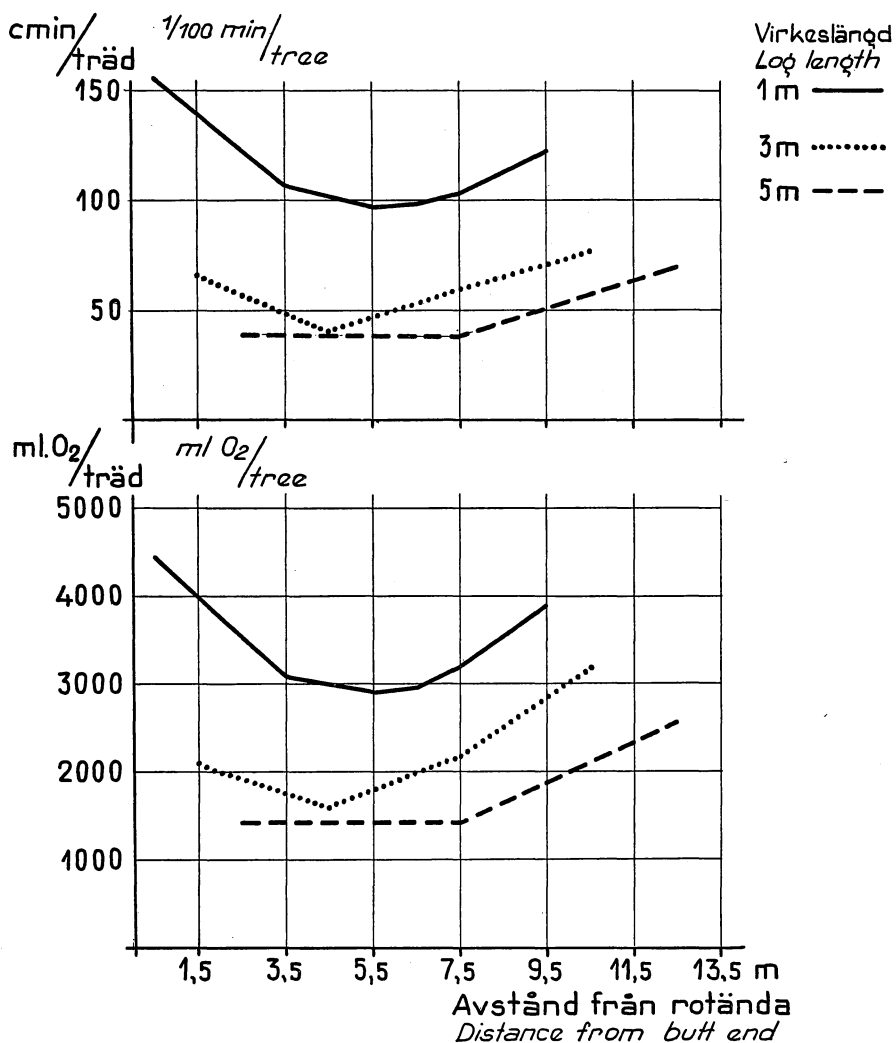


Fig. 40. Resultat av en kalkyl utvisande tids- och energiåtgång vid hopdragning av virke från ett träd till olika punkter mellan trädets topp och rot. a) träd med gagnvirkeslängden 15 m. b) *do* 12 m.

Results of an estimate on time and energy consumption at dragging the logs of one tree to different points between the butt end and top end of the tree. a) 15 m long tree. b) 12 m long tree.

från stubbskåret räknat. I bägge fallen kan konstateras, att kurvorna över såväl tids- som energiåtgång synes ha ett ganska flackt förlopp omkring optimalpunkten. Denna kalkyl kan sägas indikera, att virket ur träd av 14–18 m höjd bör dras till en punkt som ligger på ett avstånd av 30–40 % av gagnvirkeslängden, räknat från stubbskåret.



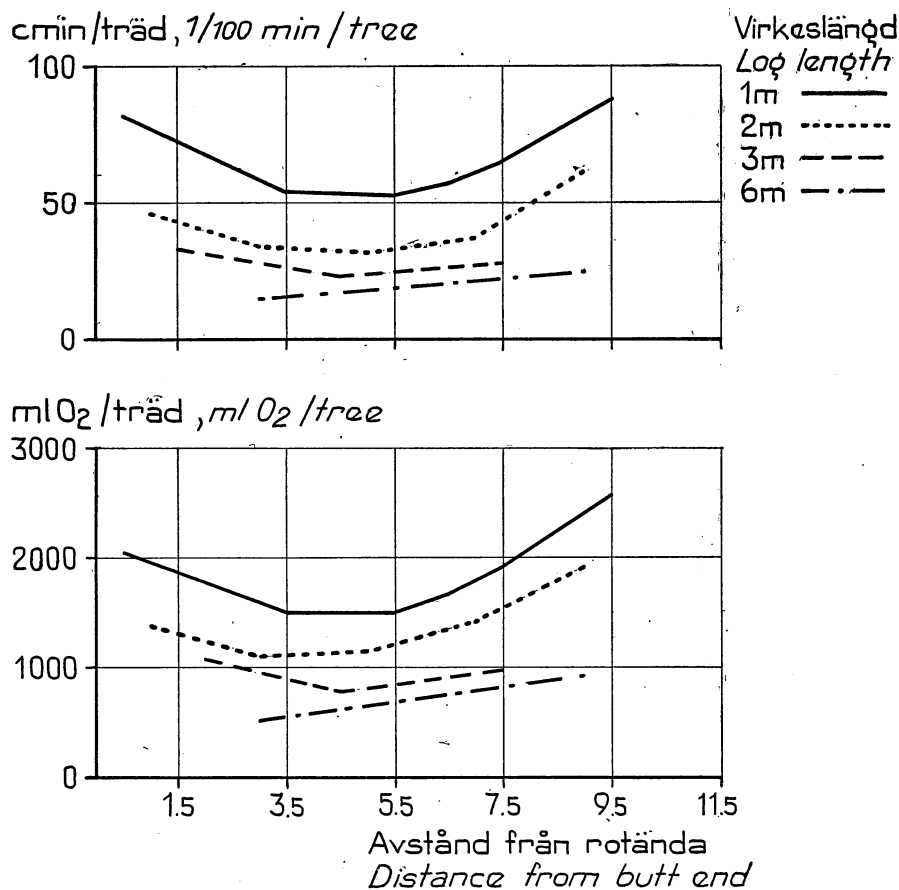


Fig. 40 b.

## C. Kalkyler över hanteringsarbetet med virke från hela stämplingsposter

### 1. Kalkylernas utförande

I föregående avsnitt har kalkyler redovisats som återger hur tids- och energiåtgången för vissa manuella hanteringsoperationer förändras vid uppkapning av virket ur vissa enskilda träd till olika längder från 1 till 7 m. Härvid har träden utvalts så att i samtliga apteringsalternativ exakt samma kubikmassa gagnvirke erhållits ur varje träd. Gagnvirkesutbytet är alltså detsamma för samtliga apteringsalternativ. Härvid åskådliggöres främst hur apteringen påverkar arbetseffektiviteten vid manuell hantering av träd av skiftande storlek från en gagnvirkeslängd av 4 meter upp till 18 meter.

I det praktiska fallet avverkas på varje trakt en population av träd av skif-

tande storlek och olika apteringsalternativ påverkar inte endast arbetsoperationernas effektivitet utan även gagnvirkesutbyttet. En ändring av apteringslängden medför således att vid oförändrad minimitoppdiameter bitarnas medelvolymin och medelvikt förändras såväl genom att längden ökar som genom att medelgrovleken förändras. I syfte att belysa verkningarna av olika apteringsalternativ har därför kalkyler utförts över avverkningar i bestånd varvid en population av träd med en viss fördelning på olika grovleksklasser avverkas. Normala träd ur varje diameterklass har sålunda apterats enligt följande alternativ:

Aptering i 1 meters längd

»	» 2	»	»
»	» 3	»	»
»	» 5	»	»
»	» 7	»	»
»	» fallande 1 m-längder med max. längd 7 m.		

I samtliga fall har en minimidimension i topp av 7,5 cm u. b. förutsatts.

Följande tre alternativa stamfördelningar ha apterats upp på ovan beskrivet sätt, varvid antalet utfallande bitar och dessa bitars volym och vikt erhållits.

**Tabell 21. Stamfördelning i olika grovleksklasser för tre olika typer av avverkningar.**

Division of the trees into diameter classes for three different types of thinning.

Brösthöjdsdiameter cm p. b. D.B.H. cm	Stamantalets procentuella fördelning för tre alternativ Division of the total number of trees		
	Alt. I	Alt. II	Alt. III
9	30 %	5 %	
11	30 %	10 %	5 %
13	20 %	25 %	10 %
15	10 %	35 %	20 %
17	7 %	20 %	30 %
19	3 %	5 %	25 %
21			10 %
Summa	100 %	100 %	100 %

De tre olika alternativen I, II och III kan sägas representera gallringar av ungskogar i olika utvecklingsstadier.

## 2. Kalkylresultat

Kalkylerna har begränsats till dragnings- och travningsarbetena. Resultaten framgår av figurerna 41 och 42 samt tabell 22 (se tabellbilagan).

Av fig. 41 framgår, hur bitarnas medelvikt öka med en ökad virkeslängd.

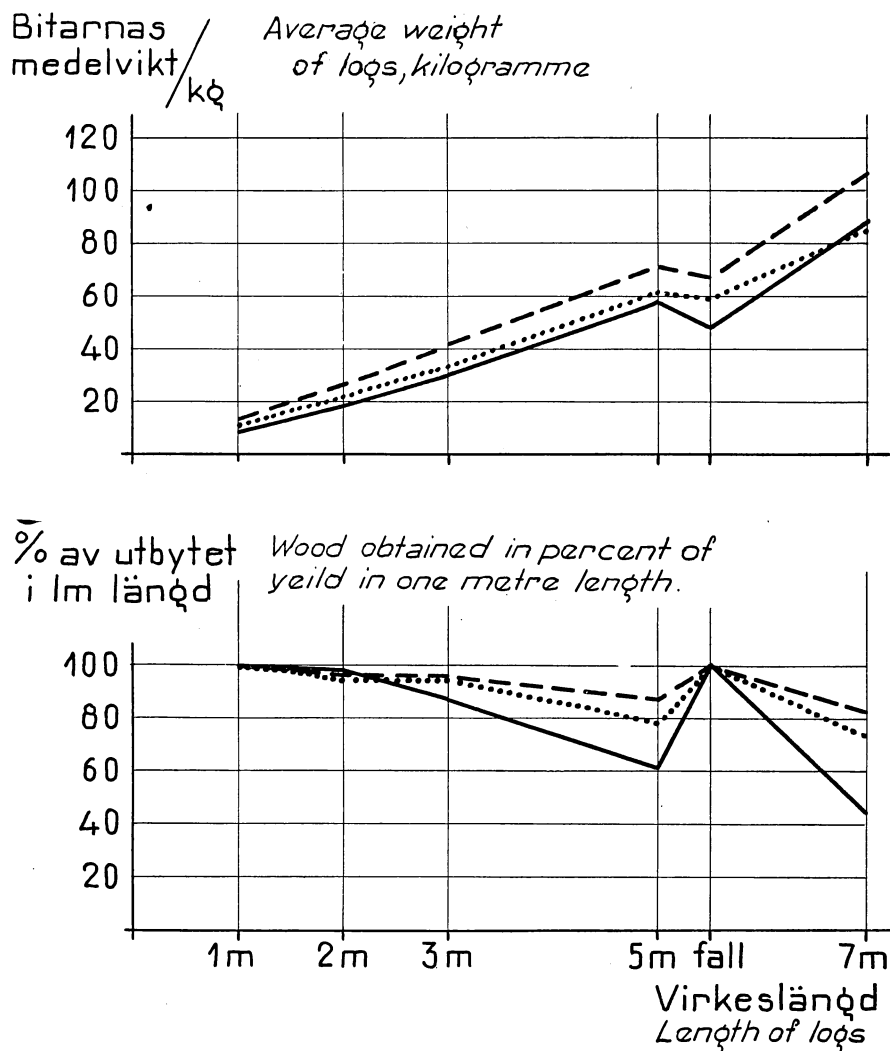


Fig. 41. Medelbitvikt (övre diagram) och utbyte vid upphuggning i olika längd av träden enligt stamfördelning i tabell 21.

— Alt. I. tab. 21  
 ..... Alt. II. tab. 21  
 - - - - - Alt. III. tab. 21

Average log weight (above) and yeild (below) in cross-cutting of trees to different lengths when thinning according to table 21.

Vid huggning av virket i 1 m längder utgjorde medelbitvikten ca 10 kg och denna medelbitvikt stegrades sedan till ca 80—100 kg, när virket uttogs i 7 m längd. Ökningen i medelbitvikt är alltså större än vad längden i sig själv inverkar med. Detta beror givetvis på, att vid en ökad längd på virket bort-

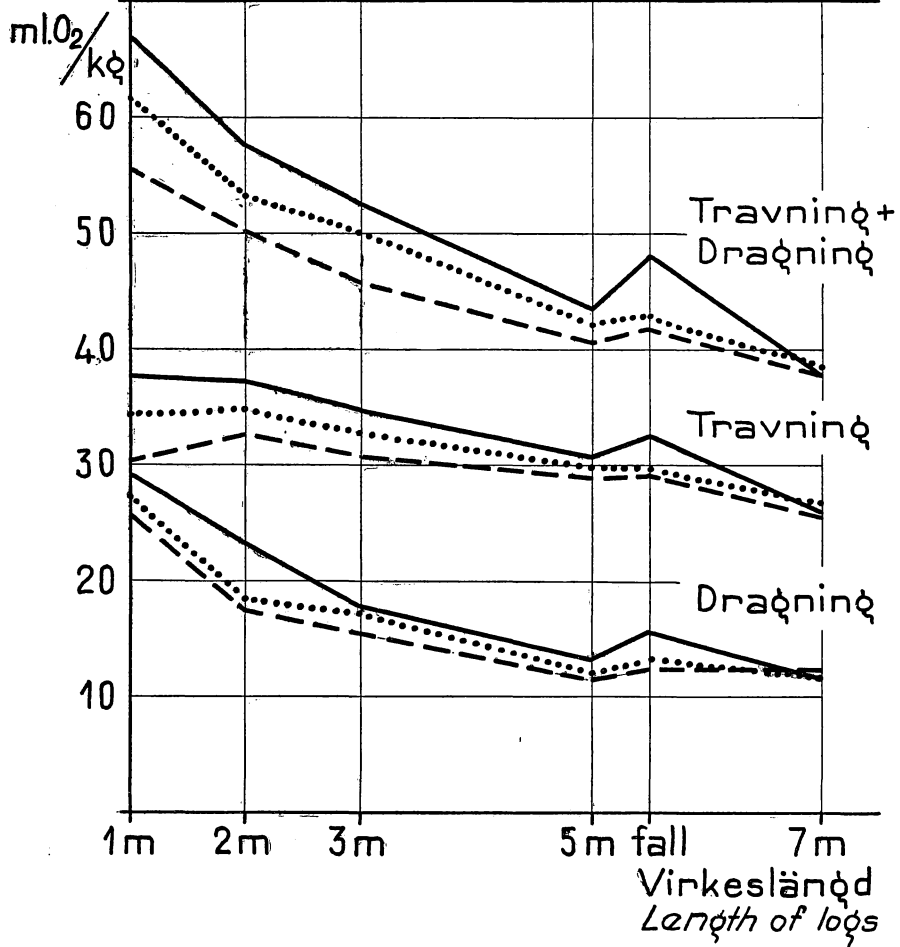
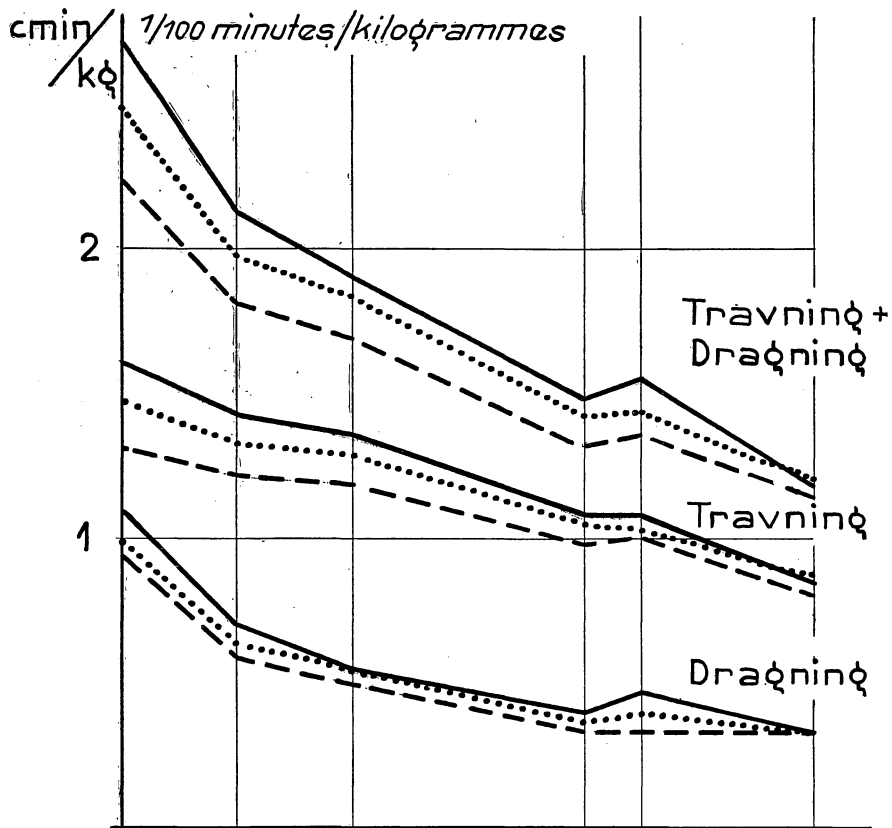
faller en del träd av så klena dimensioner att de ej lämna en bit, tillräckligt lång för den föreskrivna minimidimensionen. I samma figur demonstreras, hur utbytet sjunker vid en ökning av virkeslängden. I stamfördelningsalternativ I sjunker utbytesprocenten rätlinjigt vid en ökning av virkeslängden för att vid 7 m standardlängder uppgå till endast 44 % av den virkeskvantitet, som erhålles när virket uttages i 1 m längd. För de båda andra stamfördelningsalternativen II och III är minskningen i utbyte väsentligt lägre. Detta sammanhänger givetvis med att dessa senare stamfördelningsalternativ är av grövre medel-dimension. Det bör tilläggas, att de uppgifter som i tabell 22 och figur 41 lämnats över medelbitvikt och utbytesprocent gäller för en schablonmässig aptering av huggningsposter, där virket varit fördelat på olika brösthöjdsdiameterklasser på sätt som visas i tabell 21. Den schablonmässiga aptering, som här har gjorts har inneburit att endast ett träd inom varje brösthöjdsdiameterklass uppapterats i olika längdalternativ. I själva verket innehåller givetvis varje brösthöjdsdiameterklass en population av träd med en variation av diametern, som motsvarar klassens spännvidd. Populationen innehåller därjämte en variation av höjderna för träden. En fullt korrekt genomförd, teoretisk aptering skulle sålunda förutsatt, att man gjort apteringar utav ett större antal träd inom varje brösthöjdsdiameterklass som representera denna diameter- och höjdvariation. Resultatet av en sådan mera korrekt teoretisk kalkyl hade sannolikt blivit, att inflytandet av den valda virkeslängden på bitarnas medelvikt och på utbytesprocenten hade blivit mindre accentuerad, än vad som demonstreras i detta exempel. Den här visade schablonmässiga apteringen av enklare typ har dock ansetts tillräcklig för att belysa de spörsmål, som här är aktuella. Resultaten böra dock ej användas i sådana sammanhang, där man önskar få en mycket noggrann uppfattning om utbytesprocenten vid olika standardlängdsalternativ. För sådana överväganden hänvisas exempelvis till undersökningar publicerade av NYLINDER (1956) och ERIKSSON (1958).

Som tidigare omnämnts, ingår i kalkylen ett längdalternativ där, virket uppkapats i fallande 1 m längder. Medellängden av dessa virkesbitar har uppgått till ca 5,5 m. Apteringen har utförts så, att man sökt det längdalter-

Fig. 42. Resultat av kalkyl över tids- och energiåtgång för dragning en sträcka av 8,4 m och för tre travningar av virke till höjderna 10—20 cm, 70—80 cm och 120—130 cm. Samma stämplingsposter (tab. 21) ha uppkapats i 1, 2, 3, 5 och 7 m längd samt fallande 1 m längder med medellängden ca 5,5 m.

— Alt. I, tab. 21  
 ..... Alt. II, tab. 21  
 — — — — — Alt. III, tab. 21

Results of an estimate on time and energy consumption for dragging of logs 8.4 metres and for three piling operations to the heights of 10—20 cm, 70—80 cm and 120—130 cm. The same composition of trees (tab. 21) are cross-cut in lengths of 1, 2, 3, 5 and 7 metres. Fall = trees cut in varying 1 m lengths with an average of 5.5 metre. Dragning = Dragging. Travning = Piling.



nativ eller den kombination utav virkeslängder för varje träd, som givit det maximala utbytet. Härigenom blir utbytesprocenten till denna aptering i fallande längder densamma som vid uppkapning i 1 m längder. Den »bock», som markerats på diagrammen 41 och 42, sammanhänger alltså med apteringsmetoden.

I fig. 42 har resultaten av dessa kalkyler beträffande tidsåtgång och energiförbrukning i travnings- och dragningsarbete framställts. Jämföras först de diagram, som avser tidsåtgången, med de diagram som avser energiåtgången, ägger man först märke till att de kurvor, som avse tidsåtgången, ha ett brantare förlopp än de, som avse energiåtgången. Detta innebär, att en minskad virkeslängd och en därmed sammanhängande minskad medelbitvikt ökat tidsåtgången mera, än vad den ökat energiåtgången. Av diagrammen framgår vidare, att inverkan av en minskad virkeslängd och en minskad medelbitvikt är mera accentuerad för dragningsarbetet än för travningsarbetet. Man kan även observera, att ur energimässig synpunkt travningsarbetet med 1 m-längden är lika gynnsam eller gynnsammare än 2 m-längden. Ur tidsmässig synpunkt innebär uppkapningen av 2 m-längderna i 1 m-längder en försämring. Detta förhållande sammanhänger med vad tidigare omnämnts, nämligen att 1 m-längderna synes vara förhållandevis gynnsamma i travningsarbetet, beroende på att de är lämpliga att fatta i bågge ändarna med var sin hand och att de även är lättare att svänga i travningsarbetet än virke av större längd.

I syfte att mera påtagligt demonstrera dessa resultat har tabell 22 gjorts.

Av denna tabell framgår exempelvis, att vid huggning av 7 m-längder i stamfördelningsalternativ II utbytesprocenten varit 73 % av den virkeskvantitet, som erhållits när virket huggits i 1 m-längder. Tidsåtgången för dragning och travning av detta virke har utgjort endast 33 % och energiförbrukningen 43 % av motsvarande siffror, när virket huggits i 1 m-längd. Tidsåtgången för travningen har i detta fall utgjort 58 % för 7 m-virket, jämfört med 1 m-virket och syreförbrukningen 78 %. Därest tidsåtgång och energiåtgång för såväl dragning som travning lägges ihop, utgör tidsåtgången för 7 m-virket 48 % av 1 m-virkets tidsåtgång och energiförbrukningen 62 % av den syreförbrukning som förekommit, när virket huggits i 1 m-längd.

Här framlagda kalkyler torde belysa den stora merkostnaden såväl i fråga om tidsåtgång som energiåtgång för den merkvantitet virke, som följer av en aptering i korta virkeslängder. Det bör ånyo poängteras, att kalkylen är baserad på standardiserade försök, som man ej med säkerhet vet representerar förhållanden i praktiskt arbete. Vidare bör observeras, att den apteringskalkyl, som legat till grund för beräkningarna, är schablonmässig. Dessa invändningar gör det troligt, att de resultat, som här visats, överdriver minskningen i verktningsgrad vid en uppkapning av virket.

**Tabell 22. Resultat av kalkyl över tids- och energiåtgång vid dragning och travning av ur stämplingsposter (Tab 21, Alt. I, II, III) utfallande virke, uppkapat i olika längder.**

An estimate of the time and energy consumption for the manual dragging and piling of logs cut in different lengths from a population of trees divided on DBH according to table 21, Alt I, II, III.

Stam- fördel alt. Alter- native	Grund- yteme- deldia- meter i brh. cm pb. Mean DBH, cm	Apte- rings- alt. (vir- kes- längd m) Log length m	Utbyte Yeild of wood		Medelvikt/bit Average weight		Dragning Dragging				Travning Piling				Dragning + Travning Dragging and Piling			
			kg per stämp. träd kg/tree	rela- tions- tal Ratio	kg kg/log	rela- tions- tal Ratio	Tidsåtgång Time consump.		Syreförbrukn. Oxygen intake		Tidsåtgång Time consump.		Syreförbrukn. Oxygen intake		Tidsåtgång Time consump.		Syreförbrukn. Oxygen intake	
							cmin/ kg cmin/ kg	rela- tions- tal Ratio	mlO <sub>2</sub> / kg mlO <sub>2</sub> /kg	rela- tions- tal Ratio	cmin/ kg cmin/ kg	rela- tions- tal Ratio	mlO <sub>2</sub> / kg mlO <sub>2</sub> /kg	rela- tions- tal Ratio	cmin/ kg cmin/ kg	rela- tions- tal Ratio	mlO <sub>2</sub> / kg mlO <sub>2</sub> /kg	rela- tions- tal Ratio
I	12,2	1	38,72	100	9,18	100	1,10	100	29,41	100	1,61	100	37,83	100	2,71	100	67,24	100
		2	37,76	98	18,81	205	0,70	64	20,33	69	1,43	89	37,25	98	2,13	79	57,58	86
		3	33,53	87	29,93	326	0,54	49	17,73	60	1,36	84	34,73	92	1,90	70	52,46	78
		5	23,64	61	58,37	636	0,40	36	13,11	45	1,08	67	30,65	81	1,48	55	43,76	65
		7	17,16	44	89,83	979	0,33	30	11,77	40	0,85	53	25,82	68	1,18	44	37,59	56
		Fall	38,70	100	47,74	520	0,47	43	15,53	53	1,08	67	32,62	86	1,55	57	48,15	72
II	14,6	1	67,44	100	10,44	100	1,00	100	27,08	100	1,48	100	34,41	100	2,48	100	61,49	100
		2	64,40	95	21,88	210	0,64	64	18,47	68	1,33	90	34,76	101	1,97	79	53,23	87
		3	64,16	95	32,61	312	0,54	54	17,09	63	1,29	87	32,92	96	1,83	74	50,01	81
		5	52,56	78	61,16	586	0,37	37	12,24	45	1,05	71	29,82	87	1,42	57	42,06	68
		7	49,16	73	85,23	816	0,33	33	11,70	43	0,86	58	26,70	78	1,19	48	38,40	62
		Fall	67,44	100	58,45	560	0,40	40	13,37	49	1,03	70	29,56	86	1,43	58	42,93	70
III	17,0	1	105,35	100	12,91	100	0,94	100	25,83	100	1,31	100	30,40	100	2,25	100	56,23	100
		2	102,09	97	26,91	208	0,59	63	17,50	68	1,22	93	32,68	108	1,81	80	50,18	89
		3	101,14	96	40,96	317	0,50	53	15,46	60	1,19	91	30,80	101	1,69	75	46,26	82
		5	91,24	87	72,13	559	0,34	36	11,60	45	0,98	75	28,87	95	1,32	59	40,47	72
		7	86,63	82	107,53	833	0,34	36	12,46	48	0,80	61	25,46	84	1,14	51	37,92	67
		Fall	105,35	100	67,02	519	0,36	38	12,49	48	1,00	76	29,21	96	1,36	60	41,70	74

Det bör vidare observeras, att kalkylerna bygger på en standardiserad arbetsvolym. I dragningsarbetet har allt virke dragits 8,4 m. Travningsarbetet avser travning av virke från en välta till en annan med ett inbördes avstånd av 1,5 m. Kalkylerna omfattar tre sådana travningsmoment, vardera omfattande en travningshöjd (10—20 cm, 70—80 cm, 120—130 cm). De siffror och diagram, som demonstrerar den sammanlagda tids- och energiåtgången för dragning och travning, är alltså summan för dessa arbeten. I praktiken varierar givetvis mängden dragningsarbete och mängden travningsarbete i olika fall. Vissa virkeskvantiteter kan vara föremål för en längre dragning och mera begränsade travningsarbeten (omlastningsoperationer), medan för andra virkespartier förhållandet kan vara det motsatta. — I regel torde virket bli föremål för dragning endast en gång, nämligen omedelbart efter upparbetningen i skogen och i samband med pålastningen vid lunning, medan travningsarbete torde förekomma i varierande utsträckning. Ofta torde virke travas fyra å fem gånger, innan det slutgiltigt levereras för förädling eller konsumtion.

I det här demonstrerade exemplet (tabell 22, fig. 42) har dragningen kommit att utgöra ungefär hälften av travningsarbetet och det är troligt att denna relation någorlunda väl överensstämmer med medelförhållandena inom skogsbruket.

I ytterligare ett avseende skiljer sig de här kalkylerade arbetsoperationerna från i praktiken förekommande. Det har nämligen i kalkylerna förutsatts, att allt virke — oberoende av längd och dimension — dragits samma sträcka eller travats på samma sätt (till samma höjd). Arbetena torde i praktiken bedrivas så, att arbetarna drar bitarna olika längder, varvid de vid en god arbetsplanering drar mycket tunga bitar korta sträckor medan de bitar, som är gynnsamma för dragningsarbete, torde dras längre sträckor. I travningsarbetena förekommer ofta att arbetarna travar de tyngre bitarna till de lägre travningshöjderna och de lättare bitarna till högre. Det är givet, att en sådan organisation av arbetet medför en minskad inverkan av en sjunkande medelkubik. Även ur denna synpunkt borde sålunda de här framräknade tids- och energirelationerna för olika virkeslängder överdriva de i praktiken existerande. Å andra sidan bör observeras att det arbetssätt som ovan beskrivits, påverkar resultaten av kalkylerna över alla apteringsalternativ i samma riktning. Man kan därför förmoda, att relationerna mellan de olika alternativen endast i ringa grad påverkas av det senast beskrivna förhållandet.

### **3. Beräkning av differenskostnaden för den merkvantitet virke som erhålles genom aptering i kortare virkeslängd**

De i föregående avsnitt visade kalkylerna över tids- och energiåtgången vid dragning och travning av virke apterat i olika längder möjliggör även en beräkning av hur pass mycket mera tid eller energi som krävts för den mer-



**Tabell 23. Beräkning av differenskostnad i fråga om tid och energi för den merkvantitet virke, som erhålles genom en successivt minskande virkeslängd (enligt stamfördelningsalternativ I, II, III, tabell 21 och kalkyler redovisade i tabell 22).**

Vid minskning av virkeslängden från ... m till ... m	Antal gånger som »kostnaden» för merkvantiteten överstiger medelkostnaden för det övriga gagnvirket i fråga om					
	tidsåtgång			energiåtgång		
Stamfördelning alternativ	I	II	III	I	II	III
7 m—5 m	1,8	2,9	(1,0)	1,4	1,7	(0,4)
5 m—3 m	2,2	3,5	6	2,2	3,2	4,4
3 m—2 m	3,6	(50)	20	2,3	(23)	15
2 m—1 m	24	14	20	19	11	16

kvantitet virke, som erhålles vid en successiv minskning av virkeslängden. I tabell 23 redovisas en sådan beräkning.

Det bör först poängteras, att de i tabellen framräknade värdena är en kvot där nämnaren är skillnaden i tid- resp. energiåtgång mellan två olika alternativ. Härigenom kommer det inflytande, som den schablonmässiga apteringen, tillfälliga försöksfel o. dyl. ha, att mångdubblas. Det framgår dock att den merkvantitet, som erhålles vid exempelvis en minskning av virkeslängden från 7 till 5 m i dessa fall kostat ungefär dubbelt så mycket i hantering, som det övriga gagnvirket. Dragning- och travningskostnaden för merkvantiteten vid minskning av virkeslängden från 3 till 2 m eller från 2 till 1 m uppgår till flera gånger medelkostnaden för det övriga utfallande gagnvirket.

### Kap. III. Försök med mätning av de momentana påkänningarna i rygg och leder

Hantering av tunga virkesbitar medför höga momentana belastningar i skelettet. Det har länge för forskningen varit av betydelse dels att veta den ungefärliga storleksordningen av denna belastning, dels ock att få några hållpunkter på vilka belastningar, som kunna tolereras med hänsyn till risken för skador eller eventuell förslitning. I syfte att pröva om filmning av arbetet skulle kunna utgöra ett underlag för beräkningar över de momentana belastningarna anordnades följande, av docent RUNE ERIKSSON ledda undersökningar.

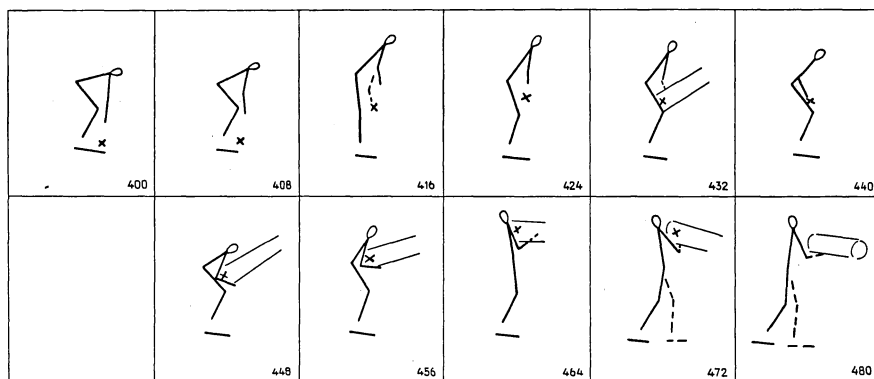


Fig. 43.

Lyft av en stock vägnande 115,6 kg från marknivån till höjden 1,2 m filmades för registrering av rörelse och rörelseställningar. Avsikten var att med ledning av de kroppsställningar och rörelse hastigheter, som kunde erhållas från filmen, beräkna de uppkommande påkänningarna i rygg och leder.

I fig. 43 framgår ett ur filmen reproducerat rörelseschema som visar hur lyften utfördes. Där har försökspersonen tänkts ersatt av en modell av ledade stänger. Beräknas accelerationer hos stock och kroppsmassor ur filmningen kan i figurena grafiskt beräknas påkänningar i olika kroppsdelar och leder. En sådan beräkning är emellertid mycket tidskrävande. Man saknar vidare noggrann kännedom om vilka momentana påkänningar, som kan vara skadliga. Med anledning därav och i avvaktan på mera systematiska undersökningar häröver, har detta material ej närmare bearbetats.

## Kap. IV. Sammanfattning och diskussion

### A. Beskrivningar

Vid avverkning och transport är virket i regel föremål för en omfattande manuell hantering. Detta gäller särskilt virke av klenare dimensioner. Denna rapport redogör för en serie försök under standardiserade förhållanden som avser att belysa hur virkets dimension, dvs dess längd och dess grovlek, inverkar på arbetet ur tids- och energisynpunkt. I syfte att eliminera inverkan av andra faktorer än virkesdimensionen ha försöken utförts som standardiserade modellförsök. Vid försöken har i de flesta fall såväl tidsåtgången som energiåtgången uppmätts. Vissa försök ha av praktiska skäl måst begränsas till endast en mätning av tidsåtgången. De standardiserade modellförsöken ha upplagts så, att arbetet i fråga i mesta möjliga grad har efterliknat i praktiken förekommande arbetsmetoder. De i Sverige brukade handredskapen såsom sax och krok ha även använts av försökspersonerna, där de så har bedömt vara lämpligt.

Försöken har åsyftat att lämna upplysningar om det direkta inflytandet av virkesdimensionerna på produktionen vid utförandet av olika manuella hanteringsoperationer. De olika försöken ha därför utförts under gynnsamma yttre betingelser för ifrågavarande arbeten. Som följd härav får de framlagda uppgifterna angående prestationer i arbetet avses vara nära den för respektive arbeten högsta möjliga. Likaså torde den syreförbrukning — dvs den energi — som försökspersonerna förbrukat per uträttad arbetsenhet, vara låg, kanske nära den bästa möjliga verkningsgrad som kan uppnås i respektive arbeten. Av dessa skäl är det naturligtvis olämpligt och felaktigt att taga de här framlagda resultaten som utgångspunkt för en bedömning av de prestationer, som vid praktiskt arbete är möjliga eller normala. Undersökningarna ha emellertid syftat till att ange de tids- och energirelationer, som föreligga vid hanteringsarbeten med virke av varierande virkesdimensioner. Resultaten kan därför sägas lämna ett bidrag till den allmänna kännedomen av virkesdimensionens inflytande. Deras praktiska tillämpning torde endast böra ske, sedan analoga försök i praktiskt arbete ha utförts eller jämförelser gjorts med redan befintligt tidsstudiematerial. Modellförsök av här beskriven typ kan härvid tjäna som ett gott underlag vid tolkning och tillämpning av resultaten av i praktiskt arbete utförda studier.

Undersökningen har omfattat följande manuella hanteringsoperationer fördelade på tre försöksomgångar, nämligen

1. Edsbroförsöken, omfattande dragning, travning, ströläggning och rullning av virke.
2. Vinlidenförsöken, omfattande endast dragning av virke under extremt svåra snöförhållanden. Försöken ha utförts i samband med vissa andra arbetsfysiologiska studier, som redovisats i annat sammanhang, samt
3. Kvitsleförsöken, avseende manuell sortering av virke fritt framflytande i vatten.

I kapitel II redovisas dessutom vissa kalkyler som utförts på grundval av de framkomna resultaten.

En kort beskrivning av den använda försöksmetodiken samt en sammanfattning och diskussion av de erhållna resultaten lämnas i det följande.

I kap. I lämnas i det första avsnittet (I. A.) en uppgift rörande de försökspersoner, som medverkat i studierna. I efterföljande avsnitt (I. B.) redogöres för den använda försöksmetodiken med avseende på tidsstudier och fysiologiska mätningar. Det framgår härav, att varje försök omfattat en tid på mellan 5 à 10 minuter, varav de första 3 à 4 minuterna utgjordes av en s. k. förarbetsperiod och den efterföljande perioden av den egentliga fysiologiska mätperioden under vilken försökspersonens utandningsluft insamlats. Kvantiteten utandningsluft mättes och analyserades, varigenom den förbrukade mängden syre kunde härledas. Därjämte registrerades andningsfrekvensen och pulsen. I vissa försök bestämdes även blodets mjölksyrehalt efter arbetsperiodens slut. Försökspersonerna testades även på en cykelergometer, varigenom upplysningar erhöles om deras fysiska arbetskapacitet.

I avsnitt I. C. lämnas en beskrivning av det vid försöken använda virket. Härav framgår att virke, uppkapat i längdklasserna 1, 2, 3, 5 och 7 m, användes. Inom varje sådan längdklass hade en uppsortering skett i fyra olika grovleksklasser. Virket vägdes och försöksresultaten återges med virkesvikten som uppgift på stockens storlek i stället för den i praktiken vanliga uppgiften om volymen.

I avsnitt I. D. redovisas några kontrollförsök över de använda försöksmetoderna. Sålunda konstaterades, att det icke förelåg någon signifikant skillnad i produktionshastighet vid arbete med och utan samtidig bestämning av syreupptagningen. Detta innebär således, att den utrustning försökspersonen bär vid arbetsfysiologiska försök icke synes påverka produktionshastigheten i arbetet. I andra kontrollförsök gjordes bestämningar av den s. k. syreskuldens storlek vid tyngre arbete. Några av de tyngsta studerade arbetsoperationerna utvaldes för dessa kontrollförsök, i vilka arbetet utfördes i hög arbetstakt. Genom uppmätning av försökspersonens syreupptagning i vila såväl före som efter arbetet kunde konstateras, att någon syreskuld ej förelåg vid slutet av en arbetsperiod, som föregåtts av en förarbetsperiod om

2—4 minuter. Härav kan man dra den slutsatsen, att de studerade arbetena utfördes med i huvudsak aerobt arbetssätt samt att de i dessa försök uppmätta syreupptagningarna ge ett adekvat uttryck för den energimässiga arbets-tyngden.

## B. Resultat av dragningsförsöken

I avsnitt I. E. redovisas resultaten av en serie dragningsförsök utförda på ett försöksfält i Edsbro samt i en skogsmark i närheten därav. Resultaten av dragningsförsöken framgår av figurerna 6—16 och kunna sammanfattas på följande sätt. Det dominerande inflytandet på prestationen och den energitiska verkningsgraden i dragningsarbete utövades av styckevikten. Sålunda sjönk prestationen och försämrades verkningsgraden snabbt, när bitvikten understeg 20 à 30 kg. Vid en ökning av bitvikten syntes man så småningom komma till ett läge, som gav den högsta prestationen samtidigt med en hög verkningsgrad. Överskreds denna optimala bitvikt, sjönk prestationen sakta samtidigt som verkningsgraden försämrades. Denna optimala bitvikt syntes ligga någonstans mellan 60 och 100 kg.

Virkeslängden syntes ha mindre inflytande på prestationen än bitvikten. Om man tänker sig två bitar med samma vikt men av olika längd, var den längre biten något gynnsammare att draga än den kortare. Detta talar sålunda för att det i dragningsarbetet är gynnsamt att bära en relativt liten del av vikten och låta en stor del av stockens tyngd släpa mot marken. En aptering av virket i olika längder påverkar emellertid i praktiken bitarnas medelvikt på så sätt, att kortare virkeslängder ger mindre bitvikt. Leder en sådan uppkapning till att den erhållna medelbitvikten kommer att understiga ca 30 kg, synes sålunda en avsevärd risk föreligga för försämrad prestation och verkningsgrad i dragningsarbetet.

Det bör emellertid observeras, att det arbete som av försökspersonerna utförts i dessa dragningsförsök icke inkluderat någon vändning eller svängning av virket. Virket har sålunda dragits i sin längdaxel och avlagts med längdaxeln i samma riktning. Ofta torde det emellertid vara så, att dragningsarbetet avslutas med att biten lägges upp och blir föremål för åtminstone någon svängning eller vridning. Det är mycket troligt, att en sådan uppläggning eller svängning av virket är mera arbetskrävande för långt virke än för kort. Vidare torde vissa svårighetsfaktorer, som förekomma vid dragningsarbete i skogen, inverka mera hindrande ju längre virket är. Det är därför mycket troligt, att de i dessa försök erhållna utslagen för bitviktens och virkeslängdens inverkan äro något större än vad som kan förväntas i praktiskt arbete (se även tabell 10 B och C, sid. 40 och 40).

I avsnitt I. E. 7 redovisas därjämte några resultat över uppmätningar av den erforderliga förflyttningskraften vid dragning av virke. Det framgår

härav, att vid dragning å försöksfältet i Edsbro, som utgjordes av en torr gräsvall med visset fjolårsgräs, förflyttningskraften i regel utgjorde 60—75 % av stockens vikt. Siffrorna gäller för obarkat virke. Friktionskoefficienten mellan virket och marken (med ena virkesänden upplyft) var 0.6.

### C. Resultat av travningsförsöken

Travningsförsöken (I. F.) utfördes med virke av längderna 1, 2, 3, 5 och 7 meter. Inom varje längdklass var virket uppsorterat på tre eller fyra olika grovleksklasser. Detta virke travades från en vält till en annan, belägna med 1,5 m avstånd från varandra. Den vält, från vilket virket hämtades, var — utom i vissa försök — belägen på marken på underlag av ca 10 cm höjd. Vålthöjden, där virket avlämnades, varierades till tre höjder, nämligen 10—20 cm ovan mark, 70—80 cm och 120—130 cm.

Resultaten av dessa travningsförsök demonstreras i figurerna 20—24 och kunna sammanfattas på följande sätt. Det dominerande inflytandet på såväl prestation som verkningsgrad i travningsarbete utövades liksom i dragningsarbetet av virkets bitvikt. Vid travning till den lägsta och mellersta höjden steg prestationen för bitvikter upp till 120 kg, som utgjorde de tyngsta bitvikterna i försöken. För den högsta höjden däremot uppnåddes en maximal prestation vid en bitvikt av 40—80 kg. Överskreds denna bitvikt förblev prestationen oförändrad eller visade en svag tendens att sjunka. Verkningsgraden i arbetet åskådliggöres av den undre diagramserien i fig. 21. Den förbättrades vid den lägsta lastningshöjden ända till bitvikten 120 kg. Vid den mellersta travningshöjden, 70—80 cm, uppnåddes en hög verkningsgrad vid en bitvikt av 40—60 kg. Den förblev sedan tämligen konstant vid en ökning av bitvikten. Vid den högsta travningshöjden, 120—130 cm, framträdde en viss optimal vikt, som gav den högsta verkningsgraden. Denna optimalvikt var något lägre för kort virke och steg successivt allt eftersom virkeslängden ökades. För 2 m-virke syntes den exempelvis ligga mellan 20 och 40 kg medan den för 5 och 7 m-virke syntes ligga inom området 50—80 kg. Liksom ifråga om dragningsarbetet är effektkurvorna kring en sådan optimal punkt flacka och försämringen i verkningsgrad vid en ökning av bitvikten relativt liten.

Vid en och samma bitvikt var travningsarbetet gynnsammare såväl ur tids- som energisynpunkt ju kortare virket var. Om man tar hänsyn till den sänkning av medelbitvikten som i praktiken inträffar vid en successiv sänkning av virkeslängden, medför dock en uppkapning av virket en försämring av prestationen och en sänkning av verkningsgraden även i travningsarbete.

En ökad travningshöjd synes medföra relativt liten inverkan på prestation och verkningsgrad för klen virke med bitvikter upp till ca 20 kg, medan för de tyngre bitvikterna, ca 60 kg och däröver, travningshöjden utövar ett

med ökad bitvikt stegrad negativt inflytande på såväl prestation som verkningsgrad.

Vidare utfördes försök med travning från en vålta, där virket hämtades från en höjd av ca 80 cm. Det framgick härav att prestationen avsevärt stiger samtidigt som verkningsgraden förbättras. Detta var särskilt fallet för virke i korta längder, medan för det längre virket, som måste svängas eller läggas ner på marken för att tillåta arbetaren att kliva över virket, vinsten var ringa.

I syfte att studera, om de prestationer som registrerades i de relativt kortvariga travningsförsöken voro desamma som i långvarigt arbete, anordnades långtidsförsök, där försökspersonen fick utföra ett och samma arbete i fyra olika arbetsperioder nämligen 7, 15, 30 och 45 minuter. Det framgick av dessa försök (se fig. 22), dels att produktionshastigheten var relativt konstant inom varje arbetsperiod, dels att produktionshastigheten i arbetet var ungefär densamma vid samtliga arbetsperioder. Vid en jämförelse med resultaten från dessa arbetsperiodsförsök med övriga travningsförsök framgick dock att produktionshastigheten i arbetsperiodsförsöken genomgående varit lägre än i övriga travningsförsök. Detta resultat indikerar att det sannolikt finns en tendens vid arbetsfysiologiska mätningar med korta försöksperioder, upp till 10 minuter, att arbetet utföres i en arbetstakt som är högre än den i praktiskt, långvarigt arbete normala. Då man emellertid i dessa försök mätt såväl tids- som energiförbrukningen samt dessutom är mera intresserad av relationerna i resultat mellan olika försöksalternativ, har det här konstaterade förhållandet mindre betydelse.

Ovan påtalade svårighet kan i viss utsträckning bemästras genom att låta försökspersonen utföra ett och samma arbete i flera arbetshastigheter med samtidig mätning av tidsåtgång och energiförbrukning. Förfaringssättet var ej praktiskt möjligt att genomföra i dessa omfattande försök, enär det skulle ökat antalet enskilda försök alltför mycket. Emellertid gjordes vissa sådana försök med variation av arbetshastigheten, vilka redovisas i fig. 23.

I fig. 15 och fig. 24 har den energetiska belastningen i dragnings- resp. travningsarbete upplagts över medelbitvikten i respektive försök. Det framgår av dessa diagram, att en ökning av medelbitvikten lett till en ökad energetisk belastning. Detta torde sannolikt sammanhånga med, att varje arbetsoperation har en viss rytm sammanhängande med arbetsrörelserna, kroppskonstitutionen etc. och att denna arbetsrytm bibehålles relativt oförändrad. Vid en ökning av det yttre arbetet, i detta fall medelbitvikten, förändras arbetsrytmen mindre än det yttre mekaniska arbetet skulle föranleda, varigenom en högre energetisk belastning uppstår.

I de föreliggande studierna har man vidare funnit, att syreupptagningen, under förutsättning av att bitvikten når över ett visst värde, ligger på ca 3 l per minut, d. v. s. på ca 75 % av försökspersonernas maximikapacitet för

syreupptagning. Observationerna över verkningsgraden talar för att de aktuella arbetsintensiteterna, d. v. s. de av försökspersonerna spontant använda, ligger inom det optimala området för energetisk arbetsekonomi. Det är tydligt, att denna intensitet dock ligger högre än vad som kan anses vara möjligt vid fortvarigt arbete. De citerade tidsstudierna (tab. 10 B) visar, att genomsnittsproduktionen i det praktiska arbetet är lägre än i de standardiserade studierna. Detta kan självfallet sammanhänga med att det praktiska arbetet, genom att betingelserna inte är lika välordnade, omfattar vissa energikrävande operationer, som saknas i de standardiserade studierna. Dessutom måste man emellertid självfallet förutsätta, att arbetaren på ett eller annat sätt sänker sin genomsnittsintensitet för att kunna arbeta fortvarigt. Detta kan ske på i princip två sätt, nämligen dels i form av långsammare arbetsrörelser och dels i form av ökad »spilltid». Det mest sannolika är, att det senare alternativet (i form av ofta återkommande småpauser eller avledande rörelser etc.) tillgripes, då långsammare arbetsrörelser kan förväntas vara mekaniskt ogynnsamma (ökad statisk belastning, sämre verkningsgrad m. m.) vid den här aktuella typen av arbete.

Det vore utan tvivel av stort intresse att närmare studera, om detta resonemang står sig. Detta borde kunna ske genom att man låter vederbörande arbeta under en serie tidsperioder med olika längd (som ju delvis redan gjorts) och därunder dels studerar den fysiologiska belastningen fortvarigt, dels också gör en detaljanalys av rörelseförloppet med filmning. Längden å arbetsperioderna borde härvid förslagsvis varieras mellan 5 minuter och 2 timmar.

#### D. Resultat av strölägningsförsöken

I försöken med ströläggning av virke användes endast virke av längderna två och tre meter. För varje virkeslängd utsorterades virke i fyra olika grovleksklasser (se tabell 17). Ströläggning av detta virke studerades såväl i form av enmansarbete som tvåmansarbete. Av praktiska skäl var det icke möjligt att utföra försök med syreupptagning, varför försöken i de olika alternativen endast omfattade tidtagning av arbetet.

Resultaten framgå av fig. 25 och 26 samt av tabellerna 19 och 20. Av fig. 25 framgår, att strölägningsarbetet rönt starkt inflytande av bitarnas medelbitvikt. Prestationen var låg för små bitvikter och steg snabbt för att, när arbetet utfördes som enmansarbete, nå ett optimum vid en medelbitvikt av ca 35 kg. Optimumpunkten försköts uppåt, när arbetet utfördes som tvåmansarbete. För 3 m-virke låg sålunda optimumpunkten vid något högre bitvikt, nämligen vid ca 50 kg. En jämförelse av prestationen vid enmans- och tvåmansarbete gav vid handen att enmansarbete som regel torde kunna rekommenderas för ströläggning av tvåmetersvirke med undantag för särskilt



grovt eller tungt virke. För 3 m-virke synes enmansläggningen lämpa sig bäst endast för särskilt lätt eller klen virke, medan i övriga fall tvåmansläggningen torde vara att föredra. En jämförelse av prestationen vid strölläggningen av 2 och 3 m-virke (tab. 20) indikerade, att prestationen synes vara 20 à 30 % lägre för 2 m-virke under förutsättning att samma virke uppkapas i de två alternativa längderna. Den högre prestationen vid strölläggning av 3 m-virke torde dock delvis erhållas av att arbetaren utsättes för en högre energetisk belastning, varför skillnaderna i praktiken sannolikt torde bli mindre än de ovan nämnda.

### **E. Resultat av rullningsförsöken**

I dessa försök inskränktes mätningarna liksom i fråga om ströläggningsförsöken till tidtagning av arbetet. Virke av olika längd och grovlek rullades av försökspersonen på slanor som lagts upp på ca halvmeterhøga bockar. Banorna var 20 m långa och hade varierande lutning. Resultaten av dessa försök visas i fig. 28 och 29. Härav framgår, att bitvikten utövade det dominerande inflytandet på prestationen. Om bitar av olika längd ha samma bitvikt var prestationen ungefär densamma med undantag för virke av 7 m-längd som gav något lägre prestation än längderna 2—5 m. Av försöken framgick vidare att, när bitvikten understeg ca 20 kg, försökspersonerna föredrog att skjuta bitarna framför sig på slanorna i stället för att rulla dem. Ofta kunde vid sådana tillfällen flera bitar skjutas på en gång, varigenom prestationen förblev relativt oförändrad för bitvikter understigande 20 kg. Av fig. 29 framgår det inflytande som slanornas lutning haft på prestationen. För bitvikter upp till ca 20 kg påverkade mot- och medlut av maximalt 4,5 % ej nämnvärt prestationen. När bitvikten överskred 20 kg gav lutningsförhållandena utslag på det sätt man kunde förvänta, nämligen att prestationen är avsevärt mycket högre för rullning i medlut än för rullning i motlut. Det bör påpekas, att försökspersonerna i dessa standardiserade försök kunde gå på marken mellan de utlagda slanorna och att virket rullades på en höjd av ca 0,6 dm, förhållanden som förklarar den mycket høga prestationen i dessa försök. I samband med andra studier har rullningsarbete studerats, varvid avsevärt lägre prestation erhållits.

### **F. Resultat av försök med sortering av virke i vatten**

Försöken med sortering av virke i vatten utfördes vid Kvitsle skiljeställe i Ljungan. Försöken tillgick i princip så, att virke släpptes fram i sorteringskanalen i skiljet, varvid en arbetare fick dra ut stockarna ur kanalen på sätt som sker i praktiskt arbete. Härvid varierades frammatningshastigheten, virkeslängden och vissa andra faktorer. Försöken, som hade orienterande

karaktär, demonstreras i fig. 30—34. Av dessa framgår, att en uppkapning av virket leder till en avsevärd sänkning av verkningsgraden och prestationen i arbetet. Jämföres exempelvis 10 och 19 fots medellängd på virket har arbetaren vid lika energetisk belastning dragit in 20—30 % lägre kubikmassa av 10 fots-virket än av 19 fots-virket.

Samtidigt med dessa modellförsök utfördes en kartläggning av den energetiska arbetstyngden på olika arbetsplatser i skiljestället. Resultaten härav visas i fig. 35. Det framgår, att med avseende på den energetiska belastningen de flesta arbetena i skiljestället är moderat tunga. Endast den s. k. insättningen, dvs den plats där virket ordnas och parallelllägges i sorteringskanalen, är mera ansträngande och ligger på gränsen mellan moderat tungt och tungt arbete. Det bör tilläggas, att eventuellt förekommande statisk belastning eller arbetets ofta monotona typ kan skapa ytterligare problem, vilka ej belysas i energetiska mätningar av här utförd typ.

Jämförelser gjordes därjämte av arbeten med skaft till flottningshakarna av olika tyngd, varav framgick att en viss minskning i den energetiska belastningen erhöles för lättare hakskaft. (Se fig. 36.)

### G. Sammanfattning av de standardiserade modellförsöken

Av det ovan sagda torde ha framgått, att det dominerande inflytandet på prestationen i manuella hanteringsarbeten utövas av virkets bitvikt. Det samma gäller om man betraktar arbetet ur energimässig synpunkt. Såväl dragnings- som travningsförsök indikera, att det synes finnas en optimalvikt belägen ungefär mellan 40—100 kg för vilken det bästa resultatet nås. Understiger virket denna optimalvikt, försämras resultatet först relativt måttligt men sedan i allt högre grad. Överskrides optimalvikten synes också en viss men måttlig försämring av arbetsresultatet inträffa. Den optimala vikten synes vara något högre ur tidsmässig än ur energimässig synpunkt. Likaså synes optimalvikten ligga något högre ju längre virket är. Vid försöken över rullning och sortering i vatten ha inga sådana optimalpunkter kunnat konstateras. Sannolikt finnes dock sådana, men ligga troligen högre än de bitvikter som använts i dessa försök.

Försöken synes vidare indikera, att en ökad medelbitvikt hos virket leder till att arbetaren normalt synes anstränga sig mera i arbetet. Möjligen kan detta i praktiskt arbete leda till ett ökat behov av pauser.

Virkeslängden i sig själv synes utöva ett mindre inflytande men tages hänsyn till den sänkning av medelbitvikten, som en minskad virkeslängd normalt leder till, medför en sjunkande medellängd sämre arbetsprestation.

Försöken indikerar vidare, att såväl dragnings-, travnings- som ströläggning tillhör de tyngre arbetsmomenten i skogsarbetet.

Det har tidigare påpekats, att i standardiserade modellförsök av denna typ en prestation uppnås, som sannolikt avsevärt överstiger den i praktiskt arbete förekommande. Detta sammanhänger givetvis med frånvaron av försvårande yttre faktorer, frånvaron av spilltid, arbetets standardiserande karaktär, som gör varje tvekan i arbetet överflödigt o. s. v. Det bör därför ånyo understrykas, att de här erhållna resultaten ha lämnat prestationer, som sannolikt icke kunna uppnås i praktiskt arbete.

Det har tidigare framhållits, att vid praktiskt arbete det föreligger ett flertal faktorer, som inverkar försvårande på studerade arbetsoperationerna. Sådana faktorer kunna vara stort snödjup, stenig och hålig mark, avverkningsavfall eller kvarstående skog, motlut o. s. v. I travningsarbete kan exempelvis ojämn mark och särskilt halt virke inverka. Nästa skede är därför att närmare utröna hur och i vilken utsträckning sådana faktorer spela in.

## **H. Kalkyler över tidsåtgång och energiförbrukning vid hanteringsarbete med virke ur enskilda träd och virkesposter**

De försök som ovan redovisats, ha gjorts på virke, som uppsorterats i olika längd och grovlekklasser. I praktiken förekommer emellertid i en avverkning träd av varierande höjd och grovlek, och arbetaren hanterar sålunda en population av virkesbitar med variation i nämnda avseende. I syfte att studera hur arbetsprestation och verkningsgrad varierar vid en normal fördelning av bitvikterna har på basis av de redovisade försöksresultaten kalkyler utförts på virke som uppapperats ur såväl enskilda träd som ur hela konstruerade avverkningsposter. Resultaten härav redovisas i kapitel II. Härav framgår, att en uppkapning av virket såväl ur enskilda träd (fig. 37 och 38) som ur hela stämplingsposter (fig. 42) leder till en försämrad prestation och en lägre verkningsgrad. Vidare framgår (tab. 23) att den merkvantitet virke, som erhålles genom en avkortning av virkeslängden, får betalas med en flera gånger högre kostnad såväl ifråga om tidsåtgång som ifråga om energiåtgång i jämförelse med vad gagnvirket i övrigt kostar. För ett närmare studium hänvisas läsaren till kapitel II.

## **I. Försök med mätning av de momentana påkänningarna i rygg och leder**

I samband med försöken i Edsbro utfördes vissa studier syftande till att pröva en metod att beräkna de momentana påkänningarna i rygg och leder, som uppkomma vid manuella hanteringsarbeten av ifrågavarande slag. Dessa försök redovisas i kapitel III. Metoden visade sig framkomlig men mycket tidskrävande ifråga om bearbetningen. Försöksresultaten ha därför icke vidare bearbetats i avvaktan på en mera systematisk undersökning av detta problem.

*Anförd litteratur**References*

- AGER, B.: En undersökning på virkeskörare av arbetstygndens variation med köravståndet. Medd. fr. Statens skogsforskningsinstitut. Bd 47, nr 9. Stockholm 1958.
- CALLIN, G.: En undersökning av röjning med motorsågar. Medd. fr. Statens skogsforskningsinstitut. Uppsatser 56. Stockholm 1957. (Särtryck ur Norrlands skogsvårdsförbunds tidskrift nr 4, 1957).
- CHRISTENSEN, E. H. och P. HÖGBERG: Steady state,  $O_2$ -deficit and  $O_2$  debt at severe work. *Arbeitsphysiol.*, 1950, 14, 251.
- CHRISTENSEN, E. HOHWÜ: Fysiologiska synpunkter på arbetskrav och arbetsplacering. *Nordisk Medicin*, 1953, 80, 1380.
- CHRISTENSEN, E. H.: Lactic acid, circulatory and ventilatory rate during continuous and discontinuous work of extremely high intensity. XXth Internat. Physiol. Congr., Brussels, 1956, Abstracts of Communications, p. 175.
- VON DÖBELN, W.: A simple bicycle ergometer. *J. Appl. Physiol.* 1954, 7, 222.
- EDGREN, W. och P. NYLINDER: Funktioner och tabeller för beräkning av avsmalning och formkvot under bark. Tall och gran. Norra och södra Sverige. Medd. fr. Statens skogsforskningsinstitut. Bd 38, nr 7. Stockholm 1948.
- ERIKSSON, E.: Utbytet massaved vid aptering i fallande längder och standardlängder. Kungl. Skogshögskolan, inst. för virkeslära. Uppsatser nr 18. Stockholm 1958.
- HANSSON, J. E.: Försök med snöskor i skogsarbete. Statens skogsforskningsinstitut, avd. för arbetslära. Rapport nr 3. Stockholm 1958.
- JOHNSON, G., N. LUNDGREN och G. BYSTEDT: Hantering av massabalar. PA-rådets Rapportserien, meddelande nr 8, 1957.
- LEHMANN, G.: *Praktische Arbeitsphysiologie*, Stuttgart 1953.
- LUNDGREN, N., U. SUNDBERG och A. LINDHOLM: En undersökning av arbetstygnden vid användning av motorsågar i skogen. Medd. fr. Statens skogsforskningsinstitut. Bd 45, nr 10. Stockholm 1955.
- LUNDGREN, N., G. CALLIN, J. E. HANSSON och A. LINDHOLM: Om arbetstygnden vid plantering. Medd. fr. Statens skogsforskningsinstitut. Uppsatser nr 45. Stockholm 1956. (Särtryck ur Skogen nr 6, 1956).
- LUNDGREN, N. och U. SUNDBERG: Tekniska och fysiologiska studier av maskinbarkning. Medd. fr. Statens skogsforskningsinstitut. Bd 48, nr 1. Stockholm 1958.
- LUNDGREN, N., E. NYLIN och G. LUTHMAN: Undersökningar över arbetstygnd och arbetsmetoder vid virkestransporter i skogen. (VSA och Yrkesmedicinska laboratoriet, Uddeholms AB. Opublicerad rapport).
- LUNDGREN, N., S. BRUNDELL, J.-E. HANSSON och A. LINDHOLM: Distribution av malt- och läskedrycker. Studier av arbetstygnd och arbetsmetoder. PA-rådets Rapportserien, meddelande nr 19, 1958.
- NYLINDER, P.: Utbytet massaved av tall och gran vid olika apteringsmetoder. Kungl. Skogshögskolan, inst. f. virkeslära. Uppsatser nr 3. Stockholm 1956.
- STEINLIN, H. och K. ZEHNTNER: Reibungswiderstände beim Schleifen von Stämmen auf horizontalen Versuchsstrecken. Mitt. der Schweiz. Anstalt für das forstl. Versuchswesen. XXIX. Band, 2. Heft. Zürich 1953.
- STRÖM, G.: The influence of anoxia on lactate utilization in man after prolonged muscular work. *Acta Physiol. Scand.* 1949, 17, 440.
- SUNDBERG, U.: Studier i skogsbrukets transporter. SDA:s medd. nr 48. Stockholm 1953. (Särtryck ur Svenska skogsvårdsförbundets tidskrift nr 4, 1952 och 1, 1953).
- ZOTTERMAN, Y., N. LUNDGREN, G. LUTHMAN och L. LUND: Studier över tungt skogsarbete. Stockholm 1948.
- ÅSTRAND, P. O. och I. RYHMG: A nomogram for calculation of aerobic capacity (physical fitness). *J. Appl. Physiol.* 1954, 7, 218.

## Summary

### Scope and description of the study

In logging operations the wood is generally handled by hand on many occasions. This is specially true for logs of small dimensions. This report concerns a series of studies on the manual handling of logs under standardized conditions. It aims at showing how the dimensions of the wood—the length and the diameter—influence the work with regard to both time and energy consumption. In order to eliminate the influence of factors other than these dimensions, the study was carried out as standardized model tests. In most of the studies, both time and energy consumption were measured. However, in some of the studies it was, for practical reasons, necessary to limit the measurements only to time determinations. These standardized model tests were arranged in such a way that the work situations as much as possible corresponded to the ones prevalent in practice. The hand tools used in Sweden, such as tongs and hooks, have been used by the subjects when they have considered it useful.

The scope of the study was to give information on the direct influence of the dimensions of the logs on production rate during different manual handling operations. Therefore, the studies have been carried out under favourable work conditions for each specific operation. Consequently, the production figures must be regarded as being close to the maximum for the job in question. Also the energy consumption, generally expressed as the oxygen intake of the subject per unit of work, must be considered to be low, possibly close to the maximum efficiency that can be attained in each specific job. For these reasons, it is not appropriate to take the production figures of this report as the basis for an estimate of the "normal" production rate in practical work. However, the studies have primarily had the purpose of giving ratios of time and energy consumption for different work alternatives in handling of wood. The results of these studies may considerably contribute to the general knowledge of the influence of log dimensions. Practical application of the results should only be made after similar studies of practical work in actual logging or after a careful comparison of already existing time study results. Model studies of the type described in this report can be a very useful basis in interpreting and applying the results of such time studies of practical work.

The studies have been carried out at the three places stated below on the following manual operations:

1. Edsbro—manual dragging, piling, piling with intermediate logs and rolling of logs.
2. Vinliden—manual dragging of logs in deep snow.
3. Kvitsle—manual handling of logs in water.

A short description of the methods of study as well as summary and discussion of the results follows.

The wood used in the handling operations were generally assorted in length and diameter classes according to table 1, page 7. The logs handled in each test consisted consequently of a uniform population of logs with regard to length and diameter and with very small variations in the weight of each individual piece.

In para I. A. a description is made of the subjects. Their physical capacity was measured by tests on a bicycle ergometer and the individual pulse rate response to varying work loads is given in table 2, page 10 together with the age etc., of the subjects.

Para I. B. concerns the methods of study. Ordinary time studies were taken and the time recorded in 1/100 of a minute. As each test was very carefully planned beforehand no delays occurred.

The oxygen intake of the subject during work was measured with the DOUGLAS bag method. The collection of the expiratory air of the subject was generally started after four minutes of work, since the subject had then reached a steady state. Analysis of the expiratory air was carried out by HALDANE's method. The pulse rate during work was taken, when possible, and pulse measurements were also made at certain intervals directly after the work. In some of the tests the content of lactic acid in the blood was measured.

It may be mentioned that each individual test generally lasted 5—10 minutes, the first 3—4 minutes consisting of a warming-up period and the remainder comprising the main study period during which the expiratory air of the subject was collected.

In para I. C. a description is made of the wood. It consisted of spruce (*Picea excelsa*) partly barked and partly unbarked. The barked wood was seasoned and had a specific weight of 0.5—0.6. The unbarked wood was fresh with a specific weight of 0.75—0.90.

Para I. D. reports on control studies of the methods used. A check was made as to whether the production rate was influenced by the apparatus that the subject had to carry in the physiological measurements. Therefore, paired tests on the same job with and without these apparatuses were carried out, the results of which are given in table 3. It is shown that there was no significant difference in the production rate. This means that the apparatus which the subject carried in the work for physiological measurements did not have any essential influence on the production rate.

In other control studies a determination was made of the oxygen deficit in heavy work. Some of the heaviest work operations in this investigation were selected for these controls. The work in this control test was carried out at a very high production rate. Through measurements of oxygen consumption at rest before and after the work operation, it could be established that no further oxygen deficit was building up. It follows that the work performed during the tests at that time was carried out aerobically and that the measured oxygen intake gave an adequate figure for the energetic work load. The results are demonstrated in figure 3 and 4. It can be seen that the oxygen deficit at the beginning of the work corresponds very closely to the oxygen debt after work and that a steady state was reached after 2—4 minutes of work.

### Manual dragging of logs

Para I. E. contains the results of the studies on the manual dragging of logs.

First the oxygen intake of the subject at different walking speeds without a load was measured. The results are shown in figure 5.

In table 4 the results of some preliminary tests are presented. The results of other preliminary tests are shown in table 5 and figures 6 and 7. The oxygen intake in

these studies was generally between 2.5 and 3.0 litres per minute. The production expressed in horizontal kilogrammeters per minute (kgm/min) increases with increasing weight of the piece, reaches a maximum and then slowly decreases. Also, the oxygen consumption per work unit follows the same pattern. This means that from both time and energy points of view there is an optimum weight for the logs. Higher or lower piece weights give lower efficiency. A study of the graphs in figures 6 and 7 shows that higher weights result in a very low decrease in efficiency, but that with decreasing piece weights the efficiency decreases very rapidly.

A study was also carried out in order to discover whether the oxygen intake of the subject was different during the actual dragging and when he returned to fetch a new log. The results are contained in table 6. It could be established that no significant difference in oxygen intake existed. These results are important from a practical point of view, because they show that frequent changes between mechanically heavy and mechanically easy work lead to a balancing of the physical requirements on the circulatory system.

In para I. E. 4. descriptions of a large number of tests on manual dragging are presented. Logs of originally 7 meters length in 4 diameter classes were placed in an area, as shown in figure 8, the subject then dragged these logs to the center of the quadrant. The same logs were then cross cut in the middle successively so that the following lengths were obtained in the subsequent tests: 3.5, 1.75, 0.875 meters. The logs were placed in exactly the same spots in each tests. The average distance of dragging was 8.4 meters. The results of these tests are given in figures 9 a and b, 10 a and b and in table 8. They can be summarized in the following way. Piece weight had the dominating influence on production and energetic work load. The production rate and the efficiency quickly decreased when the log weight was less than 20—30 kilogrammes. Increasing log weights gave higher production up to a certain point after which the output gradually went down. This optimum of the log weight with regard to production and efficiency was generally between 60 and 100 kilogrammes. The lengths of the logs did not have any considerable influence on the production rate, logs of the same weight were dragged more efficiently the longer they were. This demonstrates that it was better to carry a small part of the total weight and let a greater part of the weight rest on the ground. In practice, shorter lengths give lower piece weights, and if this is less than 20—30 kilogrammes per log there seems to be a considerable risk of decrease in production and efficiency. The results of the studies on dragging are also contained in figures 11 and 12 and are summarized in figure 13.

An estimate of the mechanical efficiency of a man performing a dragging operation has been made and is presented in table 10 A. It shows that the mechanical gross efficiency ( $\eta_{Br}$ ) varied between 5 and 9 % for log weights from 10 to 60 kilogrammes. The net efficiency ( $\eta_{NN}$ ) when the energy consumption in resting and in walking (see figure 4) was deducted varied between 8.4 and 17.5 %.

In figure 15 the results of all dragging studies are plotted with regard to oxygen intake and log weight. It can be seen that increasing log weights generally gave higher energetic work loads for the subject. This increase is significant. It may be mentioned that the subjects were asked to perform the work in what they themselves considered to be an ordinary or normal speed of work.

In para I. E. 6. page 39 a comparison of this standardized test on dragging, with time study results from practical work, is made. This comparison is summarized in the following table.

**Table 10 B. Comparison of the results of the model studies on manual dragging with the results of time studies on actual work in practice.**

Conditions	Time consumption, minutes/hor. kgm. Log weight		
	30 kg	60 kg	90 kg
Model studies	0.70	0.45	0.35
Practical work:			
bare ground, barked logs	1.60	1.00	0.90
4—6 dm of snow, barked logs	2.00	1.20	1.00
"                  unbarked logs	2.30	1.50	1.30

This table shows that the time consumption in the standardized test was considerably lower than in practical work. This is quite natural as the subject worked under very favourable conditions. In practice, many obstacles often hinder production, and the worker often has to turn the logs and put them more or less carefully in piles. In table 10 C the results of some standardized tests in very deep snow are presented. They can be compared with, for example, figure 14 and table 10 B illustrating how the production and efficiency are decreased in such deep snow.

Table 10 B also shows, that the ratios for the time consumption of dragging of logs weighing 30, 60 and 90 kilogrammes were approximately the same in the model studies as in practical work.

In order to check the results of the studies on dragging with physiological measurements, time was taken for the dragging of a large number of logs of varying lengths and log weights. The results are contained in figure 16. This diagram verifies that there is an optimum weight with regard to production and that the optimum weight seems to be somewhat greater with increasing length of the log.

Studies were also made on the pull required in dragging of logs. A dynamometer was rigged up in the rear end of a tractor trailer as shown in figure 17. By recording the pull in the dynamometer and the angles of the power parallelogram, the pull could be broken down to lifting power and overcoming of the sliding resistance of the log against the ground. The results of these studies are presented in figures 18 a and b. The total pull required was generally about 70 % of the log weight. The friction coefficient between the ground and the end of the log sliding against the ground was approximately 0.6.

### Manual piling of wood

In the studies on the manual piling of wood, the logs were assorted in 4 diameter classes. The log lengths of 1, 2, 3, 5 and 7 meters were studied. Only one-man work was carried out, and the wood was moved from one pile to another with a distance of 1.5 meters between them. In most of the studies the log was grasped on a level of 10 centimeters above the ground and was then piled to varying heights. The axis of the logs were parallel in both piles.

The results of the studies on piling are shown in figures 20 and 21, which may be summarized as follows. The dominating influence on output and efficiency in piling is exercised, as in the manual dragging, by the piece weight of the log. In piling to the lowest or intermediate height the production increased for piece



weights up to 120 kg, which was the highest piece weight used in the study. For the highest piling height the maximum production was achieved with a piece weight of 40—80 kg. When exceeding that weight the output did not increase or went slightly down.

The work efficiency is demonstrated by the lower line of diagrams in figure 20. The efficiency improves when piling at the lowest height up to a piece weight of 120 kg. For the intermediate piling height, 70—80 cm, the highest efficiency was achieved with a piece weight of 40—60 kg and remained approximately constant at higher piece weights. For the highest piling height, 120—130 cm, it can be seen that there is an optimum piece weight giving the highest degree of efficiency. This optimum weight was somewhat lower for short logs and increased successively for longer logs. Thus the studies indicate that for 2 meter logs the optimum weight is between 20 and 40 kg, while for 5 and 6 meter logs it is between 50 and 100 kg. Just as in the manual dragging, the curves on efficiency indicate that the optimum peak with regard to piece weight is not very pointed and that the decrease in efficiency at higher weights is relatively small.

When piling logs with the same piece weight, the shorter the logs the more favourable it is both with regard to time and energy. However, with regard to the decrease in piece weight which follows from shorter lengths of logs, the cutting up of logs in short lengths leads to a decrease in production and a decrease of the mechanical efficiency in the piling work.

Increased height of piling has a relatively small influence on the production and efficiency for small dimension wood up to the piece weight of about 20—30 kg. For heavier logs around 70—100 kg, the height of piling has a very strong negative influence on both production and efficiency.

Further studies were made on piling from a height of around 80 cm. The results are shown in table 13. It can be seen from that table that production and efficiency improve in comparison with grasping the logs from the ground. This was specially the case for wood in short lengths. For long logs which must be turned or put on the ground in order to allow the worker to move over to the other side of the log, there was little advantage in the high grasping height.

Some observations were also made concerning the usefulness of tools. They are illustrated in figure 20. The experiences may be summarized by saying that there is no profit in using tools for the piling of small dimension logs, as well as when piling to very high heights. Tools seems to be most useful in piling to low or intermediate heights, when the worker in the end phase has his body in erect position and the arms are still quite straight.

In order to determine whether production in these studies of a relatively short duration was the same as in continuous work, a series of observations over a longer time were carried out. In these studies the subject performed the same job but in four different periods of work, 7, 15, 30 and 45 minutes. The worker was informed beforehand of the length of the work period. It can be seen (figure 22 a and b) that the production, which was measured for each minute, was relatively constant for each study, and that the production was approximately equal in all the studies independently of the length of the work period. A comparison of these results with the studies in which oxygen intake was also measured shows, however, that the production was considerably lower in the latter. In the studies over short periods of less than 10 minutes, the results indicate a probable tendency that the work is carried out at an intensity which is higher than the normal work intensity

over longer periods. Since the ratio between different work alternatives constitutes the main findings of this study, the difference in work intensity is of less importance. However, variations in work intensity can be mastered by letting the subject carry out the same work at different speeds of work. Each work alternative is then performed in three different studies with a low, normal and high production. From a practical point of view it was not possible in the present study to apply this technique since it would have increased the number of individual experiments too much. Some studies of this type, however, were performed and are illustrated in figure 23.

In figure 24 all the studies on piling are plotted over the log weight. It can be seen that increasing log weight seems to result in a higher work intensity when the worker himself chooses his speed of work. The increase was significant for the two higher piling heights (80 and 125 cm) but insignificant for the lowest height (20 cm).

### **Piling with intermediate logs**

Piling of pulp wood in single layers with two intermediate logs is very common when storing wood for seasoning in the forest. Time studies on this work under standardized conditions were carried out according to the schedule in table 17. The results are plotted in figure 25. There the influence of the log weight is illustrated and a comparison can also be made of one-man work versus two-men work. Logs in 2-meter lengths are better piled by one man, with the exception for very large diameters. Logs in 3-meter lengths can be more efficiently piled by one man only if the logs have small dimensions. For normal pulp wood dimensions a two-men work seems to be more efficient. In figure 26 the time for piling one layer of logs to different heights is plotted. This graph is in agreement with the other studies on piling. The influence of the piling height is of less importance for logs of low piece weights but the influence is rather strong for heavy logs.

Since the cutting of pulp wood in two-meter lengths gives lower piece weights than three-meter lengths, a comparison is made of the production for these two alternatives in table 20. This comparison indicates that the production in piling with intermediate logs of two-meter lengths is 20—30 % lower than piling of three-meter logs. Although no physiological measurements were made, it is probable that the physical work load is greater for the piling of 3-meter logs.

### **Rolling of logs**

Studies were also carried out on the rolling of logs on two, 40—50 cm high, supporting logs. The results, covering rolling of logs with the lengths of 2, 3, 5 and 7 meters in four different slopes are given in figures 28 and 29. For logs with weights of less than 20 kg, there was no great difference in production when rolling on a slope. For logs heavier than around 20 kg, the slope has considerable influence on the production.

### **Assorting of logs in water**

In the river drive the logs must be assorted on arrival at their destination. This work is performed so that the logs are transported by the stream with a speed of 15—20 meters per minute in a "canal" where workers are placed at intervals. The

workers draw the logs into their specific opening in the canal after log marks, generally put on the end on the mantelarea of the log. Studies were carried out on a model of this work. Logs which originally had the average length of  $24.2 \pm 2.4$  feet, were put in the stream and passed crosswise to a worker, who pulled them out on the opposite side. The work was repeated with the same logs, but before the next study they were cross-cut in the middle. Each work alternative was carried out at three work intensities so that the production rate could be compared to the physiological work load on the worker. This comparison is made in figure 30 with regard to the number of logs pulled out per minute, and in figure 31 with regard to the volume pulled out per minute. From these graphs a comparison of the production at three different work intensities for different lengths of logs can be made. The results are contained in figure 32 and 33. Figure 33 is an illustration of the reduction in production which follows when logs are cut up in short lengths. On the basis of this material, an estimation is made in figure 34 for what volume of the total passing a worker in a stream with the velocity of 15—20 m/sec can pull out for different alternatives with regard to the length of the logs.

Measurements were also made on the physical work loads for different work stations at an assorting place on the Ljungan river. The results, figure 35, indicate that assorting work generally can be classified as light or moderately heavy work. However, the work is rather monotonous and the static work load may make the work more strenuous for the worker than measurements of this type indicate.

### Summary of the standardized model tests

The study on manual handling shows that the dominating influence on production and efficiency is exercised by the individual weight of the logs. An optimum piece weight approximately between 30 and 100 kg has been found—varying for different types of handling operations—at which the best result is achieved. Lower piece weights lead to lower production; to start with, this influence is relatively slight but it becomes more and more pronounced with decreasing piece weights. Higher piece weights than the optimum seem also to give a lower result, but the decrease is very small. The optimum weight of the log seems to be somewhat higher with regard to production than with regard to mechanical efficiency of the body. The optimum weight of the log is higher the longer the logs are. For lighter handling operations such as rolling of logs or pulling logs in water, no such optimum weights have been found, probably because the heaviest logs studied did not exceed 250 kg in weight. The optimum is probably much higher for this type of work.

The studies also indicate that an increase in log weight normally leads to a higher work load on the worker. In this connection it may be pointed out that the optimum log weight is, of course, influenced by the physical capacity of the worker. The subjects in the present studies were well within the range of the population of Swedish forest workers with regard to physical working capacity and anthropometric data. For people with other physical characteristics, other optimum log weights must, however, be assumed.

The length of the log at the same piece weight had no very significant influence on the result. But in practice shorter lengths also lead to lower piece weights which decrease the production.

The studies also indicate that manual dragging and piling etc. may be classified as heavy types of work.

In the present studies it was found that the oxygen intake — provided that the piece weight of the logs reached a certain value—was around 3 litres/minute, corresponding to approximately 75 % of the maximum capacity of oxygen intake of the subjects. The observations on the mechanical efficiency of the work indicate that the actual work intensities,<sup>1</sup> spontaneously used by the subjects, are within the optimum range of the energetic work economy. However, it is obvious, that this intensity is higher than what may be considered possible in practical continuous work. Comparison with time study results shows that the average production in practical work was lower than in the standardized experiments. Apparently, this may be explained by the fact, that in practical work the work situation is not so well arranged. Therefore, performance of the work includes certain additional operations which did not occur in the standardized experiments. In addition, it must be assumed that the worker in one way or other cuts down his average intensity in order to be able to work continuously. This he can do in two different ways, either in the form of slower work moments or in the form of longer non-productive pauses between the movements. It is most likely that the latter alternative is chosen—in the form of often recurring short pauses or relaxing movements without any load—since slower work moments can be expected to be mechanically less favourable for this type of work (increased static load, lower mechanical efficiency etc.).

No doubt it should be of great interest to study more closely whether this theory is correct. In such a study the subject should work during a series of periods of different lengths, during which the continuous physical work load (oxygen intake, pulse and lactic acid) is measured; detailed analysis of the work movements with the aid of film should provide the answer. The lengths of the work periods could vary between five minutes and two hours.

### **Calculation of the time and energy consumption for the manual handling of logs, obtained from single trees or a population of trees**

The studies have been carried out on logs assorted in lengths and diameter classes. In practice, the worker must handle a population of logs with a great variation in dimensions. In order to study the work output and the efficiency in practical conditions, calculations have been made from the material for the handling of logs obtained from single trees or from a population of trees of different DBH, as they generally vary in a felling operation.

The results of the calculations on single trees are contained in figures 37 and 38. There, trees of different lengths of merchantable wood up to a minimum top diameter of three inches have been selected and cross-cut to different lengths. The time and energy consumption required for dragging the wood from these trees 8.4 meters, and piling them three times to three different heights, has been estimated. The results of the calculations on dragging are contained in figure 37. It can be seen that the shorter the length of the log, the higher both the time and energy consumption is per unit of wood. Figure 38 gives the results of the calculations on piling. Here, the decrease in efficiency with short length is not so marked. For the biggest trees the energy consumption per unit of wood is rather constant, independently of the log length.

Figure 39 shows the same calculation on the rolling operation.

A calculation has also been made in order to study at which point between the butt end and the top of the tree it is most economical to drag the logs obtained from that tree. In Sweden it is a common practice to make a pile of the logs from the same tree and/or adjoining trees. The results are contained in figures 40 a and b for two trees of 12 and 15 meter lengths of merchantable wood. It can be seen that the minimum time or energy expenditure is obtained if the logs are dragged to a point located at the distance of 30—40 % of the tree lengths from the butt end of the tree.

Calculations have also been made on logs obtained from a population of trees, as they generally vary in size in a thinning operation. Three alternatives with regard to the size and distribution of the trees have been chosen according to table 21. These trees have been theoretically cut up in lengths of 1, 2, 3, 5 and 7 meters. There is also an alternative where the logs are cut up in varying lengths from 1—7 meters, with an average of 5.5 meters. (Fall.) Figure 41 gives the average log weight and the yield obtained by these different alternatives with regard to tree distribution and log length. The time and energy consumption per unit of wood is given in figure 42. It can be seen that the curves for time consumption are more steep than the curves concerning energy consumption. This means that there is a greater increase in time consumption than in energy consumption when the wood is cut up in short lengths. The results are also contained in table 22.

These calculations illustrate the great cost, with regard to time and energy, for cutting logs in short lengths, and also the high cost of the additional wood that is obtained when logs are cut in short standard lengths to a certain top diameter. It must be observed that these estimates are based on a fixed amount of manual dragging and piling. The amount of work varies in practice, of course, for different locations of the wood etc. but the examples have been chosen so that they probably correspond approximately to the average conditions in Sweden.

In connection with the studies, films were taken in order to estimate the mechanical stress on the back and joints by manual handling of logs. By analyzing the film the acceleration of the logs and of the different parts of the body the stress on the joints could be estimated. The procedure was, however, very time-consuming, and since there are no standards on the amount of stress that may be considered as allowable, this part of the study was not further developed.



# TABELLBILAGA





Tabell 8. Resultat av försök med dragning av ob virke uppkapat i olika längder.

Results of the studies on dragging of logs of varying lengths and weights.

Virkets Log		Vikt Weight		Presta- tion Output kg/min	Verk- tyg Tool	Syre upptagn. Oxygen intake		Pulsfrekvens, slag Pulse rate, beats						Tot. min Tot. time min	Hor. kgm		Syreuppt. ml/hor. kgm Oxygen in- take per hor. kgm
längd length m	mittdiam diam cm	kg/bit kg/log	kg/förs kg/test			L/ min	L/ tot	15 0 <sup>00</sup>	15 0 <sup>30</sup>	15 1 <sup>00</sup>	15 1 <sup>30</sup>	30 2 <sup>00</sup>	30 3 <sup>00</sup>		tot.	per m min	
Försöksperson M. K. Subject M. K.																	
7,0	8,8—10,1	39,61	316,9	155,0	sax	2,69	5,50	148	102	94	90	94	91	2,044	2 640,0	1 292	2,08
3,50	7,5—11,2	19,81	316,9	138,3	»	2,96	6,78	123	96	86	86	82	77	2,292	2 640,0	1 152	2,57
1,75	5,8—12,9	9,90	316,9	99,2	händer	3,03	9,68		116	110	100	100	90	3,195	2 640,0	826	3,67
0,875	4,8—14,8	4,95	316,9	49,4	sax	2,32	14,85	117	110	90	104	94	92	6,402	2 640,0	412	5,63
7,0	12,6—13,7	79,93	319,7	266,0	»	2,90	3,49	167	138	108	108	106	98	1,202	2 692,8	2 240	1,30
7,0	12,6—13,7	79,45	317,8	268,0	»									1,186	2 692,8	2 270	
3,5	10,1—15,2	39,96	319,7	163,5	»	2,69	5,26	148	128	112	108	106	109	1,955	2 692,8	1 377	1,95
1,75	8,1—16,9	19,86	317,8	136,3	»	2,60	6,06	126	108	100	96	100	86	2,332	2 692,8	1 155	2,25
1,75	8,1—16,9	20,04	320,7	115,8	»	2,11	5,84	107	84	72	76	76	78	2,770	2 702,0	975	2,16
3,50	10,1—15,2	39,73	317,8	166,7	»	2,64	5,03	125	108			83	84	1,906	2 692,8	1 413	1,87
0,875	7,0—18,7	10,0	319,7	77,4	—	2,08	8,59	107	76	72	74	74	72	4,130	2 692,8	652	3,19
7,0	16,0—17,2	124,3	497,3	260,0	sax	3,47	6,63	163	144	132	120	114	103	1,912	4 183,8	2 188	1,58
3,5	12,5—19,5	62,3	498,4	217,2	»	2,96	6,79	139	108	88	78	80	—	2,295	4 183,8	1 823	1,62
1,75	11,6—21,8	31,15	498,4	159,3	»	2,87	8,98	127	100	100	84	84	84	3,128	4 183,8	1 338	2,15
0,875	10,5—23,6	15,58	498,4	90,8	»	2,50	13,72	111	94	84		79	78	5,490	4 183,8	762	3,28
Försöksperson G. N. Subject G. N.																	
7,0	8,8—10,1	39,61	316,9	159,3 627,7*	sax	2,64	5,25	149	—	100	104	96	100	1,989	2 640,0	1 327	1,99
3,5	7,5—11,2	19,81	316,9	141,0 709,2*	sax + händer	2,54	5,71	140	128	108	108	110	105	2,248	2 640,0	1 174	2,16
1,75	5,8—12,9	9,90	316,9	96,4	händer	2,64	8,68	156	156	134	116	116	117	3,286	2 640,0	803	3,29
0,875	4,8—14,8	4,95	316,9	56,7	sax	2,28	12,75	143	118	110	104	105	100	5,590	2 640,0	472	4,83
7,0	12,6—13,7	79,93	319,7	275,1	»	3,07	3,57	167	140	116	114	116	115	1,162	2 692,8	2 323	1,33
7,0	12,6—13,7	79,45	317,8	262,6	»									1,21	2 692,8	2 225	
3,50	10,1—15,2	39,73	317,8	172,7	»	2,83	5,21	156	140	—	112	116	114	1,840	2 692,8	1 463	1,93
3,50	10,1—15,2	39,96	319,7	166,0	»	2,43	4,68	167	128	108	110	111	107	1,926	2 692,8	1 398	1,74
1,75	8,1—16,9	19,86	317,8	147,7	»	2,60	5,60	167	130	112	108	106	106	2,152	2 692,8	1 251	2,08
1,75	8,1—16,9	20,04	320,7	121,9	»	2,32	6,10	139	114	98	100	100	100	2,630	2 702,0	1 027	2,26
0,875	7,0—18,7	10,00	319,7	92,8	»	2,37	8,16	120	128	110	106	105	102	3,445	2 692,8	782	3,03
7,0	16,0—17,2	124,3	497,3	230,8	»	2,98	6,42	174	160	142	128	120	116	2,155	4 183,8	1 941	1,53
3,5	12,5—19,5	62,3	498,4	249,4	»	3,13	6,25	149	148	132	124	116	116	1,998	4 183,8	2 094	1,49
1,75	11,6—21,8	31,15	498,4	171,9	»	2,84	8,24	153	136	116	112	112	108	2,900	4 183,8	1 443	1,97
0,875	10,5—23,6	15,58	498,4	105,4	»	2,47	11,67	144	118	108	102	102	102	4,726	4 183,8	885	2,79

\* 2 bitar åt gången

Tabell 12. Trävning av obarkat granvirke med olika längd och vikt till olika höjd från 1,5 m avstånd. Försöksperson M. K.  
Piling of unbarked logs of different lengths and weights to varying heights. Subject M. K.

Virkets Log		Vikt Weight		Presta- tion Output kg/min	Lyft- höjd Height of lift cm	Vert-kgm per min	Verktyg Tool	O <sub>2</sub> -upp- tagn. Oxygen intake l/min	O <sub>2</sub> -upptagn. Oxygen intake		Pulsfrekvens, slag Pulse rate, beats							
längd length m	mitt- diam diam cm	kg/bit kg/log	kg/ börda kg/load						ml/kg	ml/vert kgm	15 0 <sup>00</sup>	15 0 <sup>30</sup>	15 1 <sup>00</sup>	15 1 <sup>30</sup>	30 2 <sup>00</sup>	30 3 <sup>00</sup>	30 4 <sup>00</sup>	30 5 <sup>00</sup>
I	6—7	3,90	15,80	163,8	15	24,57	o	2,56	15,6	104,2	149	—	128	116	112	106		
I	6—7	3,90	18,06	133,8	78	104,36	o	2,26	16,9	21,7	131	132	124	112	110			
I	6—7	3,90	7,80	121,1	126	152,59	o	2,38	19,7	15,6	128	124	104	104	100	94		
I	12—16	15,4	—	298,1	11	32,79	2 krok	1,81	6,1	55,2	124	116	104	104	96	80		
I	12—16	15,4	—	221,1	83	183,51	o	2,23	10,1	12,2	120	—	—	84	84	82		
I	12—16	15,4	—	260,6	74	192,84	2 krok	2,05	7,9	10,6	126	124	120	112	110	106		
I	12—16	15,4	—	228,6	123	281,18	2 krok	2,15	9,4	7,6	111	96	88	80	82	84		
I	22—25	36,8	—	557,8	13	72,51	2 krok	2,34	4,2	32,3	137	128	132	120	116	113		
I	22—25	36,8	—	316,5		246,87	o	2,47	7,8	10,0	147	144	128	124	122	116		
I	22—25	36,8	—	390,4	78	304,51	2 krok	2,45	6,3	8,0	147	132	128	120	118	114		
I	22—25	36,8	—	339,4	126	427,64	o	3,14	9,3	7,3	148	128	112	108	104	98		
2	6—7	3,2		143,1	19	27,19	sax	2,74	19,2	100,8	149	136	—	120	120	116	114	108
2	6—7	3,2		164,8	78	128,54	o	2,76	16,7	21,5	143	136	128	120	124	114	110	108
2	6—7	3,2	21,3	136,3	126	171,74	o	2,31	16,9	13,5	131	120	92	96	94	90		
2	12—16	23,1	23,1	243,2	13	31,62	sax	2,26	10,8	71,5	114	118	100	96	92	84		
2	12—16	23,1	23,1	239,2	78	186,58	sax + o	2,22	10,8	11,9	129	126	100	92	106	106	100	106
2	12—16	23,1	23,1	225,5	126	284,13	o	2,45	10,9	8,6	123	96	88	84	84	92		
2	12—16	23,1	23,1	166,6	78	129,9	o	1,65	9,9	12,7	111	100	88	—	88	90		
2	12—16	23,1	23,1	307,4	78	239,8	o	2,54	8,3	10,6	143	116	104	100	98	96		
2	22—25	68,1	68,1	413,8	15	62,07	sax	2,54	6,1	40,9	128	126	116	112	108	104	98	98
2	22—25	68,1	68,1	388,4	78	302,95	o + sax	3,33	8,6	11,0	152	144	132	128	120	112	104	108
2	22—25	68,1	68,1	269,5	126	339,57	o	3,50	13,0	10,3	140	128	116	108	100	100		
3	6—7	7,5	—	119,4	8	9,55	sax	1,96	16,4	205,2	125	112	108	108	106	102	—	88
3	6—7	7,5		101,0	56	56,56	o + sax	1,80	17,8	31,8	123	124	112	112	110	108	104	102
3	6—7	7,5		141,9	125	177,4	o	2,39	16,8	13,5	125	100	94	92	87			
3	12—16	34,9		240,7	8	19,26	sax	2,53	10,5	131,4	150	148	144	142	126	118	114	110
3	12—16	34,9		260,3	56	145,77	sax	2,52	9,68	17,3	138	132	124	124	120	118	114	108
3	12—16	34,9		245,1	126	308,83	o	2,75	11,2	8,9	165	152	148	136	131	130	123	124
3	12—16	34,9	34,9	230,9	78	180,1	o	1,91	8,3	10,6	117	102	92	90	91	90		
3	12—16	34,9	34,9	194,7	78	151,9	sax	1,64	8,4	10,8	111	104	96	92	84	90		

3	12—16	34,9	34,9	317,3	78	247,5	sax	2,40	7,6	9,7	137	124	112	104	110	100		
3	12—16	34,9	34,9	364,9	78	284,6	o	2,68	7,4	9,4	151	124	112	108	104	102		
3	22—25	104,6		405,4	8	32,43	sax	2,38	5,9	73,4	139	124	120	112	108	108	98	98
3	22—25	104,6		436,0	78	340,08	o+sax	3,37	7,7	9,9	169	142	124	122	118	112	112	108
3	22—25	104,6		227,9	126	287,15	o	3,08	13,5	10,7	183	148	128	128	128	124	114	114
3	22—25	104,6	104,6	325,3	121	393,6	krok	3,53	10,9	10,9								
3	22—25	104,6	104,6	248,9	121		krok	2,76	11,1									
5	6—7	14,1	14,1	117,5	10	11,75	o	1,90	16,2	161,7	91	86	80	80	82	81	—	—
5	6—7	14,1	14,1	137,3	18	24,71	sax	2,18	15,9	88,2	116	112	88	108	96	96	—	—
5	6—7	14,1	14,1	160,1	78	124,9	o	2,15	13,4	17,2	108	76	82	78	77	79	—	—
5	6—7	14,1	14,1	201,3	78	157,01	o	2,21	11,0	14,1	103	86	72	64	66	65	—	—
5	6—7	14,1	14,1	120,9	126	152,33	o	2,35	19,4	15,4	137	136	124	126	122	118	116	116
5	12—13	52,1	52,1	306,5	18	55,17	sax	2,66	8,7	48,2	114	116	98	100	98	100	—	—
5	12—13	52,1	52,1	283,3	78	221,0	o	2,76	9,7	12,5	149	108	108	106	104	92	—	—
5	12—13	52,1	52,1	319,7	75	239,78	sax	2,93	9,2	12,2	143	132	124	116	108	102	102	100
5	12—13	52,1	52,1	255,0	125	318,75	o	2,81	11,0	8,8	169	148	136	130	127	118	118	114
5	22—25	118,6	118,6	459,7	18	82,75	sax	2,51	5,5	30,3	123	120	112	108	100	104	—	—
5	22—25	118,6	118,6	415,0	77	319,55	krok	3,27	7,9	10,2	163	144	132	128	122	120	—	—
5	22—25	118,6	118,6	253,0	125	316,25	o	3,53	14,0	11,2	169	148	134	130	126	120	120	125
7	6—7	18,6	18,6	150,9	11	16,60	o	2,26	15,0	136,1	138	116	116	116	110	106	—	—
7	6—7	18,6	18,6	164,8	73	120,30	o+sax	2,32	14,1	19,3	136	124	116	112	112	110	104	102
7	6—7	18,6	18,6	172,8	125	216,0	o	2,67	15,5	12,4	170	122	98	96	93	92		
7	6—7	18,6	18,6	157,2	123	193,36	o	2,62	16,7	13,5	136	100	104	92	92	92		
7	12—13	37,2	37,2	227,9	11	25,07	o	2,12	9,3	84,6	130	136	120	116	114	112		
7	12—13	37,2	37,2	251,6	79	198,76	o+sax	2,75	10,9	13,8	126	128	110	114	108	100	103	100
7	12—13	37,2	37,2	213,3	125	266,63	o	2,98	14,0	11,2	141	124	124	112	108	102	96	103
7	12—13	37,2	37,2	160,9	78	125,5	o	1,82	11,3	14,5	102	82	76	84	82	84		
7	12—13	37,2	37,2	237,4	78	185,2	o	2,75	11,6	14,9	150	128	120	112	104	100		
7	22—25	76,4	76,4	352,8	11	38,81	sax	2,26	6,4	58,2	128	132	120	112	116	114		
7	22—25	76,4	76,4	369,8	73	269,95	o+sax	3,09	8,4	11,4	152	128	122	120	116	114	109	108
7	22—25	76,4	76,4	301,1	125	376,4	o	3,31	11,0	8,8								
7	22—25	76,4	76,4	260,3	123	320,17	sax	2,87	11,0	9,0	136	120	115	100	100	96		

Tabell 16. Travning av 3 m obarkat virke från marken till 121—123 cm höjd. Variation av arbetstakten.

Piling of 3 m unbarked logs from the ground to a height of 121—123 cm, with variation of work intensity.

Medel- vikt, kg/bit Average weight kg/log	Verk- tyg Tool	Travade kg/min Output kg/min	Vertikal kgm/min Vertical kgm/min	Syreupptagning Oxygen intake			Pulsfrekvens efter arbete Pulse rate after work						Subjektiv arbets- takt Work intensity
				l/min	ml/kg	ml/ vert kgm	0 <sup>00</sup>	0 <sup>30</sup>	1 <sup>00</sup>	1 <sup>30</sup>	2 <sup>00</sup>	3 <sup>00</sup>	
7,5	—	54,8	67,4	1,32	24,1	19,6	83	70	70	68	70	69	Sakta (Slow)
7,5	—	75,9	91,8	1,62	21,4	17,6	97	86	84	84	82	83	Sakta (Slow)
7,5	—	113,7	139,9	1,98	17,4	14,1	111	98	84	88	81	77	Medel (Normal)
7,5	—	167,7	206,3	2,67	15,9	12,9	130	106	100	96	90	86	Hastig (Fast)
104,6	krok (hook)	169,5	206,8	2,53	14,9	12,2	125	112	96	90	88	88	Sakta (Slow)
104,6	krok (hook)	228,5	276,5	3,02	13,2	10,9	147	118	108	114	110	107	Medel (Normal)
104,6	krok (hook)	300,0	363,0	3,53	11,8	9,7	172	136	124	124	116	110	Hastig (Fast)

Tabell 18. Sammanställning av försöksresultaten från ströläggningen.

Summary of the tests on piling with intermediate logs.

Försöks- person Subject	Virkes- längd m Length of logs, m	Mitt- diam cm Diam of logs	Antal varv No of layers	Antal bitar No of logs	Total- vikt kg Total weight	Vältans höjd <sup>1</sup> cm Height of the pile	S:a verk cmin Time consump- tion cmin	Prestation Output	
								kg per lag-min kg per minute and team	kg per mansmin kg per min and man
M.K.	3	5,3	13	560	1 957,1	152	4 863	—	40,2
»	3	9,6	8	208	2 423,0	139	2 643	—	91,7
»	3	17,3	5	73	2 757,4	134	1 596	—	172,8
»	3	23,7	4	41	3 169,2	132	1 749	—	181,2
»	2	4,6	14	460	876,9	138	2 271	—	38,6
»	2	8,8	9	168	1 132,4	143	1 607	—	70,5
»	2	14,4	6	76	1 320,8	147	995	—	132,7
»	2	25,3	4	26	1 557,0	148	1 216	—	128,0
G.N.	3	5,3	13	560	1 957,1	130	5 383	—	36,4
»	3	9,6	8	208	2 423,0	135	3 241	—	74,8
»	3	17,6	5	70	2 788,3	130	1 678	—	166,2
»	3	23,7	4	39	3 014,2	145	2 384	—	126,4
»	2	4,6	14	460	876,9	139	3 000	—	29,2
»	2	8,8	9	168	1 125,0	142	1 881	—	59,8
»	2	14,5	6	70	1 247,6	148	1 180	—	105,7
»	2	25,1	4	27	1 582,2	147	1 482	—	106,8
M.K. + G.N.	3	5,3	13	560	1 957,1	132	2 897	67,6	33,8
»	3	9,6	8	203	2 380,5	137	1 557	152,9	76,5
»	3	17,4	5	71	2 765,8	134	794	348,3	174,2
»	3	23,5	4	40	3 015,0	137	728	414,1	207,1
»	2	4,6	14	460	876,9	140	1 742	50,3	25,2
»	2	8,8	9	168	1 132,4	140	1 191	95,1	47,6
»	2	14,1	6	75	1 313,5	146	690	190,4	95,2
»	2	25,6	4	26	1 604,1	151	534	300,4	150,2

<sup>1</sup> Höjden räknas från de ca 10 cm höga underlagen.

The height of the pile with intermediate logs is measured from the two intermediate logs on the ground.